

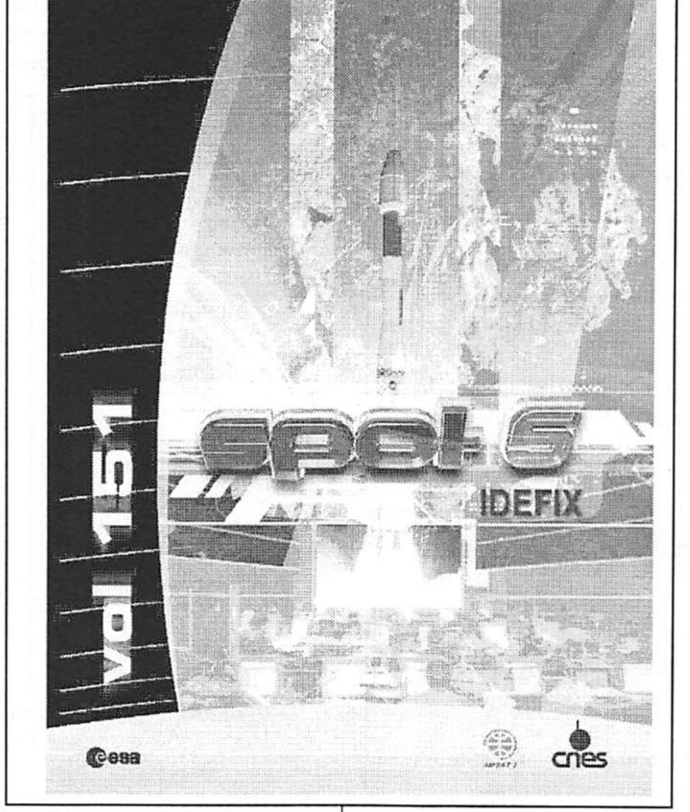
Le Journal de l'AMSAT-France

Numéro spécial Idéfix avril, mai 2002

Editorial

Jean-Louis Rault F6AGR

Vous avez devant vous un numéro spécial du Journal de l'AMSAT-France.
Il a été créé dans l'urgence, pour vous donner dès que possible un aperçu de l'aventure IDEFIX qui nous a tant mobilisé ces temps derniers.
Nous respectons ainsi une tradition bien ancrée dans le milieu spatial amateur mondial. Toutes les énergies (et il en faut !) se focalisent toujours entièrement sur la réussite du lancement, mais peut-être au détriment de l'information de la communauté radioamateur ...
Savoir faire est une chose, faire savoir reste une lacune que nous nous efforçons de combler au mieux.
Ce numéro est diffusé avant même qu'Ariane 4 Vol 151 ait pris son vol.
Pour nous, les dés sont jetés... IDEFIX est niché en haut du lanceur dont le lancement est programmé dans quelques jours.
Quelque soient les résultats de la mission, sachez que la saga IDEFIX restera un grand moment dans la vie de chaque membre de l'équipe.
Concrétiser en quelques semaines un tel projet est pour chacun une expérience inestimable, du point de vue technique bien sûr, mais aussi du point de vue humain .
Bosser, rire, râler et même pleurer, certains en auront vu de toutes les couleurs ces dernières semaines !
Que tous les acteurs de cette aventure, qu'ils soient membres du projet, industriels, fournisseurs, ou donateurs soient infiniement remerciés !
Serez-vous le premier à entendre IDEFIX ?



Les compagnons d'IDEFIX

Norbert Sayou FY1DW

La mission V151 mettra en orbite le satellite SPOT 5 grâce à un lanceur ARIANE 4 dans sa version AR42P.
Le lancement est prévu depuis la base spatiale de Kourou le 04 mai avec un premier H0 à 01h37 Temps Universel.
Cet article présente les acteurs de la mission, le lanceur et le passager principal SPOT5.

Le lanceur :

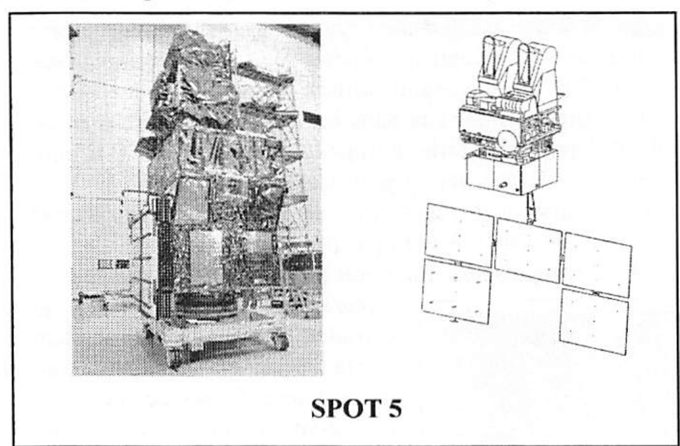
Le premier étage L220 d'une masse de 232 tonnes, qui est composé de quatre moteurs Viking V, fournit une poussée totale de 2700 kN. Les ergols utilisés sont le N2O4 et UH25.
En vol, la pression des gaz dans les chambres de combustion est de 58 bars, et les turbo-pompes tournent à 10 000 tr/min.
Les réservoirs U et N sont pressurisés à 5 bar.
A noter l'épaisseur des réservoirs de 4mm, ils s'écrouleraient sur eux-mêmes s'ils n'étaient pas pressurisés.
Deux PAP (propulseurs d'appoint à poudre) d'une masse de 9 tonnes fournissent un complément de poussée pendant trente secondes. Les PAP sont largués après 90 sec de vol.
Le premier étage fourni un incrément de vitesse d'environ 3 km/sec.
Le second étage L33, composé d'un moteur Viking IV d'une poussée de 800 kN dans le vide, a une masse au décollage de 35 tonnes. Il utilise les mêmes produits hypergoliques que le L220. Les réservoirs U et N sont pressurisés en vol à 3.6 bars.
Un système de contrôle en roulis permet d'annuler le couple induit par l'unique turbo-pompe.
L'incrément de vitesse fourni par le L33 est d'environ 2.5 km/s.
Le troisième étage H10 est un étage cryogénique fonctionnant à l'oxygène et à l'hydrogène liquides.
Sa masse est de 12 tonnes au décollage. La poussée fournie est de 65 kN. La vitesse de rotation de la turbine est de 65 000 tr/min, et la pression foyer de 46 bars. Les réservoirs sont pressurisés à 2.8 bar pour le LH2 et 2.1 bar pour le LOX.
Le SCAR (système de contrôle d'attitude et de roulis) annule le couple induit par la rotation de la turbine. Il fonctionne par prélèvement de gaz d'hydrogène dans le réservoir LH2.
Pour ce lancement vers le nord, le lanceur est équipé d'un plateau ASAP (Ariane Structure for Auxiliary Payload) où sont logées les charges utiles IDEFIX, et le lest SATEX.
Les séparations se font à l'aide de découpes pyrotechniques.
Les étages disposent de fusées d'accélération et de freinage mis en œuvre lors des séparations afin que l'étage séparé ne nuise pas à l'étage allumé.

Le Satellite SPOT 5

Le satellite SPOT 5 sera placé sur une orbite héliosynchrone à 822 km d'altitude pour une inclinaison de 98.7°.
La période de révolution est de 101 minutes soit un peu plus de quatorze révolutions par jour, et le cyclage est de 26 jours (couverture complète) soit 369 révolutions.

SPOT 5 a une masse de 3044 Kg dont 158 kg d'ergol N2H4 utilisé pour la mise et maintien à poste. La plate-forme est stabilisée 3 axes, dont un axe pointé vers la Terre. La puissance électrique en fin de vie est de 2.35 kW. Sa durée de vie théorique est de 5 ans.

La mission du satellite est l'observation de la Terre et l'orbitographie. Elle met en œuvre différents instruments d'imagerie haute résolution avec possibilité de résolution spectrale, l'instrument HRS (haute résolution



SPOT 5

stéréoscopique) permettra la création de modèles numériques de terrain. La largeur du champ balayé est de +/- 60 km avec une orientation latérale de +/- 27°.

L'instrument Végétation2 permet un suivi de l'environnement (terres et océan). Le système Doris permet une localisation fine du satellite, et un transpondeur radar, l'étalonnage des radars au sol.
La capacité d'enregistrement à bord est de 100 Gbits, la transmission des données se fait en bande X pour l'imagerie, en bande L pour l'instrument végétation. La télémesure et la télécommande se partagent la bande S.

Séquentiel de vol

Nous sommes à J0, le lanceur est sur le pas de tir sous le contrôle du CDL2 (centre de lancement AR4). Le remplissage des réservoirs d'oxygène et d'hydrogène liquide sont terminés. Les installations sol (télémesure, radar, télécommande ...) terminent leurs essais.

- H0 –1h00, la télémesure lanceur, les récepteurs télécommande et répondeurs radar sont mis en route.
- A H0 – 50 min le programme de vol est chargé dans le lanceur, les compléments de plein en Lox et LH2 sont fait suivant le taux d'évaporation jusqu'à H0 – 5 sec.
- H0 – 25 min, point météo (critères vent, foudroiement...)
- H0 – 10 min dernier point météo qui donne le feu vert pour le lancement.
- H0 – 6 min début de la séquence synchronisée, toutes les opérations s'enchaînent automatiquement jusqu'à H0 + 4.4 sec. S'il y a une interruption pendant la séquence synchro on reprend après investigation à H0 – 6 min.
- H0 – 3 min pressurisation du réservoir LH2 du H10 à la pression vol (3 bar)
- H0 – 2 min pressurisation du réservoir LOX du H10 à la pression vol (2 bar)
- H0 – 1 min passage sur alimentation bord
- H0 – 40 sec RAZ des braquages L220
- H0 – 9 sec passage de l'OBC en mode vol (init des centrale inertielles, temps vol...)
- H0 – 5 sec ouverture des bras cryo. S'il se produit un arrêt chrono, c'est un tir avorté, il faut alors purger les réservoirs du H10 (6 heures) et recommencer une chronologie complète.
- H0 allumage L220 (premier étage)
- H0 + 4.4 sec allumage des PAP et décollage après vérification des paramètres propulsif du L220. Ouverture des crochets qui maintiennent le lanceur sur la table de lancement.
- H0 + 30 sec manœuvre roulis (amplitude 70° durée 30 sec) et basculement en tangage
- H0 + 36 sec extinction des PAP
- H0 + 82 sec passage du transsonique (mach 1) à 9 km d'altitude (vérifier l'amplitude des braquages et écarts sur l'attitude)
- H0 + 91 sec largage des PAP
- H0 + 95 sec passage de la pression dynamique maximale à 13 km d'altitude
- H0 + 195 sec extinction du premier étage → <u>H1</u>
- H0 + 200 sec séparation du premier et deuxième étage
- H0 + 201 sec allumage L33 (deuxième étage)
- H0 + 203 début du guidage L33, mise en route SCR
- H0 + 228 sec désanglage doux de la coiffe
- H0 + 233 sec largage de la coiffe
- H0 + 326 sec extinction du L33 → <u>H2</u>
- H0 + 331 sec séparation du deuxième étage
- H0 + 332 sec allumage H10 mise en route SCAR
- H0 + 640 sec fin de la mission sauvegarde
- H0 + 785 sec acquisition de la TM par la station de Saint Hubert au Canada
- H0 + 1005 sec perte normale du lanceur par la station TM Galliot
- H0 + 1112 sec extinction du H10 → <u>H3 injection</u>
- H0 + 1115 sec manœuvre d'orientation
- H0 + 1150 sec séparation SPOT5 → <u>H4.1</u>
- H0 + 1153 sec manœuvre d'évitement
- H0 + 1536 mise en spin 42°/s, passivation → <u>H5 fin mission lanceur</u>

Norbert FY1DW au sommet du lanceur Ariane 4

Les paramètres d'orbite visés pour SPOT5 :
Périgée : 794.2 km
Apogée : 812.9 km
Inclinaison : 98.7°

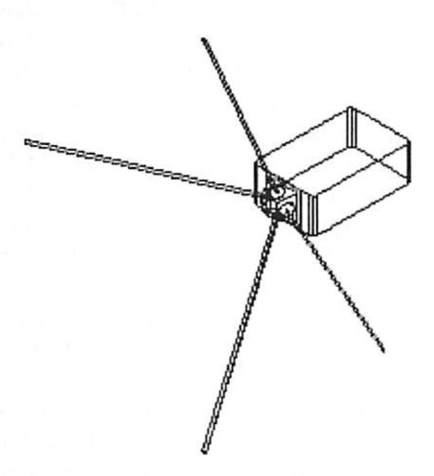
IDEFIX....3 mois d'aventure

Ghislain Ruy F1HDD

La genèse.

Le concept de nanosat est né en décembre 2000 de l'expérience acquise avec les spoutniks radioamateurs RS-17, 18 et 19. L'idée était de réaliser une structure plus facile à intégrer, permettant éventuellement d'y placer des cellules solaires afin d'augmenter la durée de vie en orbite. Ce nanosat était initialement conçu pour être largué à la main lors d'une EVA à bord de l'ISS (sortie d'un spationaute hors de la station spatiale), reprenant ainsi le concept déjà employé avec succès pour les spoutniks.

Un prototype fut réalisé pour le meeting ARISS qui eu lieu en mai 2001 à Noordwijk (Pays-Bas).



Prototype de picosat à 4 antennes

Le projet prend forme.

En novembre 2001, une première discussion avec M. Aubin de Arianespace lors d'un congrès nous apprend que SPOT5 sera lancé vers avril 2002 sur une Ariane 4 équipée d'un plateau ASAP (Ariane Structure for Auxiliary Payload) qui ne comprendra **que** du lest. C'est trop rageant…

Par ailleurs, des discussions avec Norbert FY1DW avaient commencé depuis quelques mois sur les configurations des derniers étages des lanceurs avec une idée et un concept qui prendront corps au fil de la réflexion.

En décembre 2001, des analyses plus poussées montrent que le troisième étage des AR4, quand il reste en orbite et c'est le cas pour les orbites héliosynchrones et quelques GTO, non seulement constitue un excellent satellite, mais encore qu'il est totalement inutilisé.

Finalement, pourquoi se compliquer la vie à construire des satellites puisqu'il y en a plein à disposition qui ne sont considérés que comme des débris ?

Quelques discussions de plus nous convainquent Norbert et moi qu'il y a quelque chose à tenter. Et ce quelque chose, c'est simplement de réaliser une ou deux charges utiles dont la structure porteuse sera tout simplement le troisième étage abandonné en orbite.

Il apparaît toutefois à la lumière de nos travaux que les conditions dans lesquelles seront placées nos charges utiles ne seront pas optimales, loin s'en faut. En particulier, l'éclairement n'est pas garanti et il serait illusoire, du moins pour un troisième étage d'AR4, de vouloir mettre des panneaux solaires.

Enfin, l'échéance du lancement est très proche et nous avons peu de temps pour la réalisation. La décision est donc prise de se contenter de piles pour cette expérience afin de pouvoir réaliser dans les deux mois et demi qui nous restent toutes les opérations nécessaires.

Il faut en effet prendre en compte tous les impératifs car cette fois, c'est l'Amsat-France toute seule qui devra mener toutes les opérations liées à la campagne de lancement.

Le début du projet.

Le 29 janvier, l'exposé du projet est envoyé à Arianespace. La réponse ne se fait pas attendre, le 30 janvier les premières questions techniques arrivent. Le projet démarre sur les chapeaux de roue, rendez-vous est pris pour le 11 février afin de présenter le prototype, ce que nous envisageons de faire, comment nous le ferons et d'évaluer nos chances de succès. A ce moment, il restera un mois et demi pour un lancement prévu le 14 avril.

Jean François, F6CWN est mis dans la confidence et accepte sans réfléchir une seconde, le défi est trop beau pour ne pas être relevé.

Christophe Mercier et moi entamons cette première réunion avec beaucoup d'appréhension.

Bien sûr nous avons un prototype, nous avons déjà réfléchi à son amélioration mais il n'a pas été qualifié et il reste du travail à accomplir dans la conception. Afin de soulager les contraintes mécaniques, les coffrets seront placés sur des amortisseurs eux-mêmes fixés sur des équerres qui constitueront l'interface avec l'ASAP. (Ariane Structure for Auxiliary Payloads)

Nous proposons plusieurs solutions : deux charges utiles avec antennes séparées ou non, une seule CU avec antenne montée sur le coffret. (CU : Charge Utile, enfin on l'espère)

La mise en route se fera par un bouchon d'armement qui alimentera les CU par l'intermédiaire d'un circuit de temporisation fixé à 15 jours. Le principe du temporisateur a été choisi plutôt qu'un contact de mise en route fourni par le lanceur pour la bonne raison qu'il aurait alors fallu modifier le programme de vol de ce dernier, ce qui n'était pas raisonnablement réalisable dans le délai imparti. Le délai de 15 jours correspond à une mise en place du bouchon d'armement sur chaque charge utile avant la mise sous coiffe des satellites à j-9 augmenté des éventuels reports de lancement.

Au cours de la réunion, il est rapidement décidé que cette solution n'est pas satisfaisante et il est décidé de reporter les connexions des bouchons d'armement sur une trappe accessible depuis l'extérieur du lanceur, le délai est maintenu à 15 jours pour plus de sécurité. Le branchement est fixé à J-2.

Il est évident que nos nanosats ne doivent en aucun cas présenter le moindre risque pour le lanceur et son passager principal.

Il nous faudra donc convaincre le CNES, responsable de SPOT5, de la solidité de nos solutions et nous sommes avertis que rien ne nous sera épargné et qu'il n'y aura pas de deuxième cartouche.

Nous avons cependant le feu vert pour continuer avec la configuration deux charges utiles et antennes séparées que nous avions mise en tête de notre proposition. L'une sera à vocation 'généraliste' sur 146 MHz, faible puissance et durée de vie assez longue, elle a pour vocation d'être accessible et aura en mémoire 120 secondes de messages préenregistrés et transmettra également une télémesure simplifiée. L'autre sera sur 435MHz, plus 'instrumentée', avec une puissance d'émission plus importante mais avec une durée de vie plus courte. Elle transmettra principalement de la télémesure agrémentée cependant d'un petit 'coucou' vocal toutes les 100 secondes environ.

Christophe et moi sortons de la réunion un peu abasourdis, cela a l'air de marcher, nous avons rencontré des ingénieurs exigeants, mais parfaitement capables d'évaluer le problème et nos solutions.

Le lendemain, nous faisons le point de toutes les actions et opérations à réaliser :

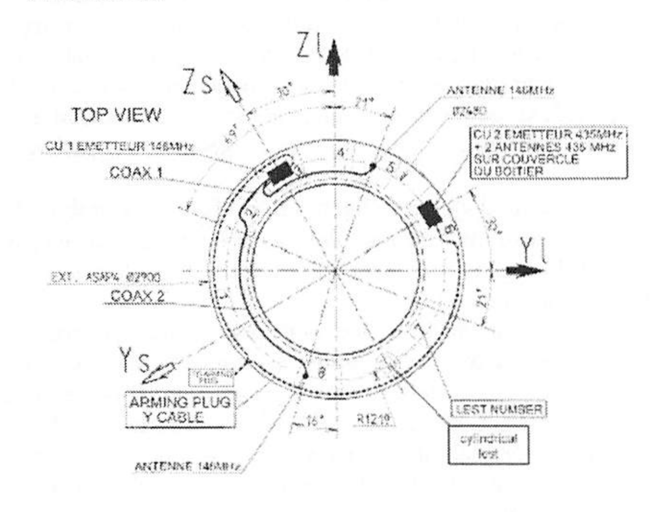
- Déterminer le financement nécessaire.
- Présenter le projet au CA lors de la prochaine réunion.
- Entamer les approvisionnements de composants et surtout les piles spatialisées dont le délai de fabrication et de qualification est de un mois.
- Trouver un industriel pour passer les CU au pot vibrant afin de les qualifier aux gabarits de vibration imposés dans le manuel utilisateur ASAP4.
- Faire la liste complète des exigences, des plus infimes aux plus lourdes afin de ne rien laisser passer qui puisse nous arrêter.
- Compléter le document de spécifications, conception et réalisation afin d'en faire la référence unique de travail.

- Arrêter immédiatement et dans les moindres détails la configuration des CU afin de ne pas perdre de temps lors de la réalisation.
- Mettre au point les détails de la fabrication mécanique pour la même raison que celle mentionnée plus haut.
- Mettre en place une organisation de soutien sans faille apte à réagir sans délai.

C'est ici que Jean-Louis, F6AGR et Eric, F5TKA entrent en scène. A eux deux, ils vont assurer un soutien jamais démenti au reste de l'équipe.

Chaque CU comprendra :

- 12 piles Lithium LSH20 CNR pour une capacité totale embarquée de près de 600 W.h
- une carte à microprocesseur avec un 80c32X2, une rom de 32ko, une ram de 32ko (CU2 uniquement), un ADC 8 canaux à 12 bits
- une carte piggy équipée d'un ISD 25120 pour les messages enregistrés, d'un deuxième ADC (CU2 uniquement) et des circuits d'interface des deux ADC.
- Un TX de 120mW sur 145.840MHz (CU1) ou de 1.3W sur 435.270MHz (CU2)
- Un circuit de couplage des blocs de piles, de temporisation, de mise en route et d'alimentation 5V pour la carte processeur et la piggy.
- Un coupleur Wilkinson pour alimenter les deux antennes.
- Un connecteur qui reliera les CU au bouchon d'armement.



L'ensemble est monté sur deux niveaux dans un coffret supporté par une plaque en Al sur laquelle prennent appui quatre amortisseurs fixés sur des équerres qui assurent une isolation mécanique. L'avenir montrera le bien fondé de ce choix pourtant un peu baroque.

Le projet est présenté en comité restreint au CA le dimanche suivant. Pour des raisons évidentes, nous étions convenus avec Arianespace de ne rien diffuser sur le projet, la suite des événements prouvera que le dicton populaire 'un secret ne se dit qu'à une personne à la fois' n'a pas été démenti.

Le lancement d'IDEFIX est approuvé et financé.

Il nous reste un mois et 15 jours pour réaliser, tester et qualifier les deux charges utiles.

Les commandes de composants partent chez les fournisseurs. La commande des piles spatialisées est lancée chez SAFT et prise en main par Manuela Monteiro (SAFT Poitiers) avec une efficacité remarquable.

Après recherches et négociations, le choix de l'industriel pour la qualification des CU se porte sur VIBRACHOC à Lisses qui fournira également gratuitement les amortisseurs et nous aidera pour leur dimensionnement et leur passage en étuve. M. Dougère, responsable commercial, fera l'interface. Les gabarits de vibration sont transmis et nous entamons les échanges techniques avec M. Mangelle, directeur du laboratoire d'essais. Le rendez vous est fixé au 19 mars.

Jean-Claude, F5DKJ , et Matthieu, F4BUC sont mis à contribution pour la réalisation d'une partie des circuits, le premier pour l'ensemble alimentation/temporisateurs, le second pour les coupleurs Wilkinson des deux CU. Jean-Claude dispose d'à peine une semaine pour réaliser les circuits imprimés et faire les appros. Il passera un w-e complet pour nous les fournir et Jean François F6CWN les câblera et testera dès leur réception.

Louis, F6CGJ, est appelé afin qu'il accélère la fabrication des senseurs optiques de SATEDU qui seront ainsi mis au banc d'essai. Il en en réalise six.

La société EGC Espace est également sollicitée pour une fabrication rapide des antennes. Ce seront celles prévues pour SATEDU. Afin de satisfaire aux exigences de rigidité, une amélioration est apportée à la réalisation. Elle prouvera son efficacité lors des tests de qualification.

Jean-Pierre F5MI est chargé de la réalisation des circuits imprimés des émetteurs. Le design retenu sera celui des TX de télémesure de SATEDU pour lesquels cette expérience consistera le banc d'essai et en raison de leur versatilité 145/435 MHz. Jean-Pierre réalisera également les circuits imprimés des cartes piggy à partir des fichiers fournis.

Il reste l'épineux problème de l'usinage des équerres et de la plaque support. M. Yves Nadot et M. Degeay, de l'ENSMA de Poitiers s'en chargent. Diverses mésaventures (ne faites pas confiance à votre concierge) les amèneront même à les recommencer.

Après un premier contact avec l'ART (Agence de Régulation des télécommunications) et l'ANFR (Agence Nationale des Fréquences), je passe le relais à Jean-Louis qui entame les procédures de déclaration du satellite et des fréquences auprès de l'Union Internationale des Télécommunications. 28Mo de formulaires divers à télécharger pour produire ..... une page A4 de renseignements administratifs destiner à déclarer un « réseau de télécommunications spatiales amateur à un satellite »!! Celle-ci est précieusement transmise à l'ANFR qui se charge de la déclaration officielle à l'UIT.

Entre temps, Jean Francois et Christophe ont câblé une première carte processeur et une piggy afin de pouvoir entamer les tests des programmes embarqués et également ceux du démodulateur au sol qui s'appuiera sur une version adaptée de WPSKDEC.

Les connecteurs mâles des CU sont fournis à Arianespace Evry un samedi matin, jour de lancement d'Intelsat 9 afin d'être envoyés à Toulouse chez Astrium pour la confection du toron qui reliera les deux CU au connecteur situé sur la trappe d'accès.

Il nous reste trois semaines.

Les composants et approvisionnements arrivent par paquets chez Jean François. Nous commençons tous les deux la réalisation des émetteurs dont Jean-Pierre F5MI a terminé les circuits imprimés. Le circuit de la carte piggy est achevé une semaine plus tard et les tests de chargement des messages sont satisfaisants. Christophe peut ainsi disposer de l'ensemble complet pour ses essais.

Christophe, Jean François et moi travaillons sans arrêt tous les WE, le vendredi jusqu'à 3 heures du matin, le samedi jusqu'à 4 heures et le dimanche jusqu'à minuit. Nous ne voyons pas le temps passer et l'échéance du 19 mars est proche. C'est un mardi. Jean François et moi prenons un jour de congé le lundi pour avoir le temps de travailler le dernier WE. Eric, F5TKA souhaite assister aux essais de qualification, il sera le bienvenu. Il faut encore trouver un caméscope afin de filmer la séance d'essais.

Les piles sont prêtes à Poitiers. Ces piles, du fait de risques potentiels d'explosion ou de dégagements de vapeurs toxiques, imposent un transport spécial, hors de notre budget. Jean-Louis se dévoue pour se rendre à Poitiers. Il en prend livraison sous forme.... d'un fut métallique étanche bardé d'étiquettes, accompagné de procédures de sécurité rappelées dans un fascicule dont il doit prendre connaissance avant de partir. Il doit également signer des décharges de responsabilité puis part vers Sartrouville dans une ambiance très 'Salaire de la peur'. Les piles sont livrées chez Jean François et nous entamons la dernière partie de l'intégration.

Il nous reste 3 jours.

Entre-temps, Arianespace nous annonce que le lancement de SPOT5 est repoussé au 3 mai, ce qui impose la livraison des CU le 8 avril à Kourou pour y débuter l'intégration immédiatement sur le troisième étage. Les dimensions des câbles coaxiaux nous ont été fournies et nous les faisons confectionner par une entreprise spécialisée. Nous devons fournir aussi le gabarit de perçage de l'ASAP pour les CU. L'ensemble est à livrer le 2 avril à Kourou.
En attendant, nous travaillons tout le w-e et le lundi pour terminer les CU, la mise au point et la qualification thermique de l'électronique.
La nuit du lundi au mardi est passée à travailler et vers sept heures du matin, nous embarquons les deux CU dans la voiture vers Lisses pour les tests de qualification aux vibration. Jean François et moi n'avons pas dormi depuis 25 heures.
Après quatre heures de bouchon sur l'A6, nous arrivons avec 3 heures de retard.

19 mars 11 heures.

Nous commençons immédiatement la mise en place sur le pot vibrant puis décidons d'aller déjeuner avant de commencer la séance de qualification. J'ai beaucoup de mal à ne pas piquer du nez dans mon assiette.
Pour ceux qui n'ont jamais assisté à une séance de qualification aux vibrations et chocs, on peut s'en faire une idée en sachant qu'on arrive avec une belle boîte pleine d'électronique et que l'on repart souvent avec un paquet dont le contenu s'apparente à un puzzle 3D.



Les picosats et leurs antennes sur le pot vibrant

19 mars 18heures.

Les tests sont passés !!!. Nous ne pouvons contenir une larme d'émotion. Tout a l'air d'avoir tenu. Séance de photos puis retour vers Paris et Sartrouville. Jean Francois ne résiste pas à l'envie de démonter et de tester l'ensemble malgré ses 36 heures sans sommeil. Tout est OK.
Un film MPEG a été tiré de l'enregistrement des essais.
Le planning de travail à Kourou est très serré, nous n'aurons que deux jours pour mener à bien toutes les opérations. Celles ci auront lieu dans la salle propre de préparation de la case à équipement du lanceur. Pas de cinéma avec les sur-bottes, les blouses, les sas de dépoussiérage, mais quel avantage pratique !!.
La contrainte de durée d'intégration nous impose de partir à deux à Kourou. Avec Norbert qui est déjà sur place, nous serons trois pour la mener à bien.
Durant le mois écoulé, Norbert en a profité pour préparer le soutien sur place et a assumé la représentation du projet dans les réunions de préparation.

Le directeur des programmes d'Arianespace nous a proposé de commencer à J1 de la campagne –le 8 avril- au stade de préparation du VEB (Vehicule Equipment Bay, placée au sommet du troisième étage) avant son transfert vers la salle blanche pour y recevoir SPOT. Ce choix s'avérera pratique. D'une part, nous n'avions pas les contraintes fortes de travail en salle blanche, et d'autre part, Jean Francois et moi pourions aller sacrifier au pétun aussi souvent que nous le souhaitions. Le seul inconvénient est que les photos perdront en 'frime'. Nous ne porterons pas de blouses, de surbottes et calots, mais les gants en coton seront cependant impératifs pour faciliter le nettoyage final avant l'arrivée de SPOT.
(Non, nous n'avons pas demandé de cendriers pour le travail en salle propre)

La prochaine échéance est la préparation de la réunion d'approbation finale le 4 avril avec Arianespace et le CNES. A ce stade, le projet peut encore être arrêté si nous ne satisfaisons pas les conditions exigées.
Nous profitons de quelques moments libres pour retirer nos billets d'avion qu'Eric a réservés et nous faire vacciner contre la fièvre jaune.

4 avril 14 heures.

Jean-Louis et moi connaissons l'enjeu de cette réunion finale destinée à statuer sur l'acceptation ou le refus de l'installation d'IDEFIX à bord du lanceur. Rien n'est encore gagné.
La réunion commence. Les responsables du projet SPOT égrènent la liste des items pour lesquels ils souhaitent des précisions, des preuves ou des éclaircissements. Les questions sont précises, techniques et ininterrompues.
Les questions tombent : comment vérifier l'état du temporisateur ? Comment s'assurer de l'innocuité CEM des CU vis à vis de SPOT si elles se mettent en route inopinément ?, quelle est la distance de sécurité radio électrique après séparation ? etc....
17heures. Je commence à fatiguer. Puis l'ambiance se relâche, Jean-Louis me glisse un mot sur un bout de papier : c'est gagné ! Le directeur des programmes pose la question aux responsables SPOT :
-Etes vous satisfaits ?
-Pour quand faut il la réponse ?
-Pour tout de suite, ils partent à Kourou après demain !!!
La réponse tant attendue arrive enfin après 4 heures de marathon : c'est oui. Je vais griller une cigarette. Nous repartons avec l'accord officiel du CNES.

Les messages sont chargés dans les enregistreurs vocaux jeudi soir. Il y en a 18 dans CU1 et 19 dans CU2 en français, anglais, allemand et japonais.
Les préparatifs d'emballage des CU se déroulent vendredi soir chez Jean François avec Jean Louis et Gérard F6FAO, venu pour l'occasion. Il nous emmènera à l'aéroport le lendemain.

Les travaux invisibles.

Avant de continuer le déroulement de la chronologie des opérations, un arrêt s'impose sur les tâches 'invisibles' mais néanmoins essentielles qui ont du être accomplies.
Concevoir, construire, qualifier et mettre en orbite une charge

utile - et encore moins un satellite complet- ne se fait pas, et ne peut raisonnablement pas se faire, comme une réalisation personnelle, aussi soignée soit elle.

Il nous a donc fallu mettre en place un planning et des méthodes de travail dans lesquels les délais nous laissaient très peu de marge de manœuvre, et déterminer rapidement quels seraient les essais essentiels et les exigences fondamentales à remplir. La technique mise en œuvre s'est inspirée d'une part des 'crash program' et d'autre part de la méthode de l'Ecole de Guerre qui fourni un canevas de réflexion et d'action pour traiter les situations complexes.

Pour cette mise en place qui fut informelle mais néanmoins réelle, Jean-Louis, Jean-Francois, Christophe et moi même avons puisé dans nos expériences professionnelles qui sont suffisamment diversifiées pour aboutir à un déroulement des actions qui fasse la part des impondérables et supprime au maximum les chemins critiques afin de dégager de la marge de manœuvre autant qu'il fut possible de le faire.

Les actions à réaliser furent ainsi classées assez facilement en essentielles, souhaitables, et 'tant pis si ce n'est pas fait'.

En traitant en premier les items les plus susceptibles d'apporter des retards et en casant les actions évaluées comme simples et sans risques dans les temps morts, il était ainsi possible de dégager encore suffisamment de temps pour la réflexion et le traitement des problèmes inattendus qui se sont présentés.

Tout ceci a abouti à un plan de travail suffisamment souple pour s'adapter très rapidement.

Les points à ne pas rater étaient :

- les qualifications mécaniques,
- les essais des CU et du logiciel embarqué,
- assurer l'innocuité totale des CU vis à vis du lanceur et de SPOT
- les dates de rendez-vous.

Ce qui se traduit trivialement par l'ordre de priorités décroissantes suivant :

- Ne pas f.... la m... et le prouver.
- Tenir les délais.
- S'arranger pour que cela marche.

Pour un radioamateur normal, le dernier item serait passé en premier dans la liste des priorités. C'est ici que l'on apprécie à sa juste valeur toute l'expérience industrielle et organisationnelle accumulée depuis des années, en effet, les points 1 et 2 assurent à eux seuls 50 % du troisième. Les 50 % restants sont affaires de calculs, de soin, de méthode de réalisation, de sueur ... et de chance.

A coté de cela devait se greffer le non moins important aspect de la documentation. La première qui fut créée est le dossier de spécifications, conception et fabrication. Dès le départ il fut décidé d'agglomérer les trois étapes pour tenir compte du temps imparti pour le faire, pour n'avoir qu'un seul document sous la main et faciliter sa diffusion dans le groupe de projet et Arianespace et surtout de faciliter les mises à jour majeures qui furent au nombre de six sur les deux mois que dura le projet.

Très synthétique, peu détaillé, il ne reprenait que les items permettant de respecter les points importants cités plus haut mais comprend néanmoins 43 pages.

Il a servi de base d'échange avec Arianespace pour la rédaction du DCI, dossier de contrôle des interfaces, qui est également un document fondamental de travail géré par Arianespace.

Enfin, la forme et le contenu des PV d'essais ont dû satisfaire aux exigences. Les documents d'essais ont été fournis à Arianespace au fur et à mesure de l'avancement.

A peine entamée la réalisation, il fallut penser aux opérations au Centre Spatial Guyannais. Outre la logistique élémentaire, nous devions prévoir tout ce dont nous pourrions avoir besoin sur place et, plus important, penser aux opérations d'intégration et de tests in situ ainsi que la coordination avec SPOT et l'insertion dans la planification de la campagne. N'oublions pas que nous y arrivions en dehors de tout calendrier normal et il fallait nous intégrer en apportant le minimum de perturbations.

Ces opérations se traduisirent par deux documents : le POS (plan opération satellite) et le POC (plan d'opérations coordonnées) desquels Norbert assura la rédaction ainsi que la présentation initiale aux équipes du CSG en attendant notre arrivée.

L'arrivée à Kourou.

Nous débarquons à Cayenne vers 15 heures locales dans la fraîcheur de l'air climatisé de l'aéroport, Norbert nous attend, cela fait plus cinq ans que je ne l'avais pas vu et cela fait plaisir de se retrouver.

Après une heure et demie d'attente pour récupérer les bagages (les soutes AIRBUS sont de la forme FILO –First In/Last Out- ! !), nos précieux bébés, le passage en douane et la location de la voiture, nous prenons la direction de Kourou sous le climat équatorial. Jean François sera logé en studio, quant à moi, je serai hébergé par Norbert.

La soirée est passée en discussions, puis suivie d'un excellent repas préparé par la future épouse de Norbert (le 10 Août prochain, pensez à lui !).

Le programme du dimanche est le suivant :

Matin :

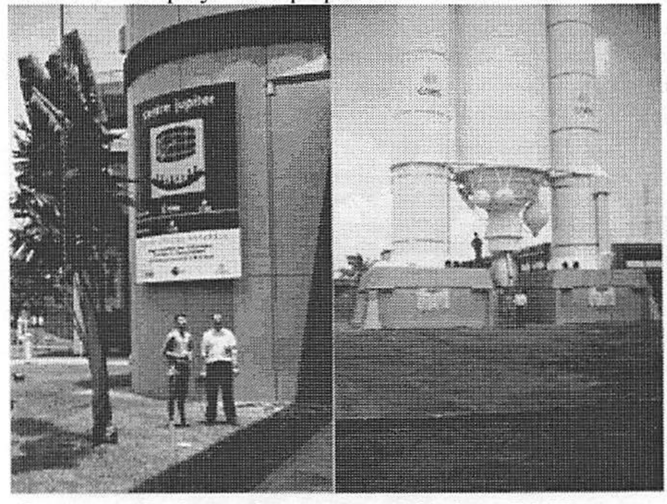
révision des procédures et dernières check lists.

A/M :

visite rapide des abords du CSG, photos sous la maquette d'Ariane 5 et devant la salle Jupiter

retour à Cayenne et le long de la côte pour une visite rapide et quelques photos touristiques.

La soirée est employée aux préparatifs du lendemain.



Le centre Jupiter et la maquette d'Ariane 5 à Kourou

Lundi 08/04

La journée commence à 06h30 par le passage au bureau de sécurité pour y faire confectionner nos badges. Cette opération prendra une heure, il y a beaucoup de monde car nous sommes au premier jour de la campagne SPOT et celle de NSS7 est bien avancée pour son lancement le 16 avril.

Nos badges sont valables jusqu'en 2006, il faut souhaiter que nous aurons l'occasion d'y retourner d'ici là, car c'est ce serait trop pénible de recommencer les formalités.

Nous partons ensuite vers le bâtiment Kepler sur l'ELA 2 (ensemble de lancement Ariane4) pour nous installer dans la salle qui nous servira à préparer nos CU afin de commencer l'intégration dès le début de l'après-midi. M. Jean Marc Durand nous y accueille, il coordonnera nos opérations et nous fournira une aide précieuse tout au long de ces deux jours.

Après le déballage des CU, nous commençons immédiatement

les tests de bon fonctionnement. A l'exception d'un wattmètre récalcitrant qui tenait absolument à nous faire plaisir en annonçant 10W, tout se déroule parfaitement et quelques démonstrations de fonctionnement attireront plus d'un curieux.
Vint ensuite l'opération d'emmaillotage des antennes dans de l'adhésif Kapton. Les antennes de Satedu sont réalisées en mètre ruban, de bonne qualité certes (c'est du Facom !) mais dont les caractéristiques de la peinture sont parfaitement inconnues. Le non-dégazage dans le vide spatial étant un critère impératif, nous avions pris la décision de les enrubanner plutôt que de les décaper ce qui aurait laissé le métal sans protection. Nous procédons avec la propreté et le soin nécessaires.

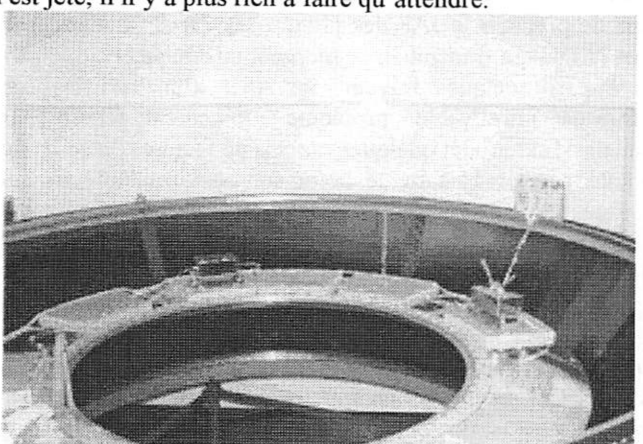


F1HDD et F6CWN enrubannent les antennes au kapton

Nous sommes prêts à commencer l'intégration, il est midi.
Après le déjeuner, nous faisons connaissance de l'équipe ASTRIUM chargée de la préparation du VEB et de l'ASAP puis nous procédons au transfert des bébés vers la salle propre.
Au passage, nous croisons un groupe de touristes en visite qui voit 'des vrais satellites' (C'est vraiment des vrais ?). On a la gloire qu'on peut, celle-ci ne coûte pas cher.
La préparation de mise en place commence avant l'intégration elle-même. Nous déballons les câbles coaxiaux qui remplacent ceux précédement livrés, une erreur de retranscription nous les avait fait fabriquer trop courts. Les supports de fixation sont déjà en place et l'intégration commence par le passage des câbles puis la mise en place à faux frais des CU afin de déterminer les détails de passage finaux pour éviter toute contrainte mécanique sur les coax et le toron d'armement.
Nous déroulons nos procédures, assez simples il est vrai, mais bien adaptées.
Les travaux réalisés en CAO nous aident beaucoup.
La journée s'achève et nous repartons pour Kourou où nous passerons la soirée à préparer les opérations du lendemain face à une table bien garnie et un bon vin.

Mardi 09

Nous avons un créneau d'essais radio en fin de matinée et début d'après midi. Les autres opérations doivent donc être terminées afin de procéder aux essais en vraie grandeur sur l'ASAP.
Les premiers essais de télémesure sont catastrophiques jusqu'à la découverte d'une source de parasites dont l'élimination apportera la solution. Températures, tensions, courants, puissance RF, tout semble nominal.
La fixation définitive des câbles est accomplie, de même que celle des CU sous la surveillance constante du Service de Contrôle Qualité et Norbert signe le PV de conformité. Nous attendons maintenant l'arrivée de M. Bernard Lamaison, chef de projet SPOT au CNES, de M. Jean Marc Durand et de M. Philipe Roland, chef de mission vol 151 afin de procéder à la mise en configuration de vol des CU et la signature du PV de conformité.
Jean Francois procède à ces opérations avec la solennité nécessaire sous l'objectif de la caméra puis referme définitivement les capots des CU qui sont verrouillés à la colle. Nous éprouvons un pincement au cœur, cette fois le sort en est jeté, il n'y a plus rien à faire qu'attendre.



Les deux boitiers IDEFIX inégrés dans l'ASAP

Après les remerciements aux équipes qui nous ont aidés, nous repartons vers Kourou. Nous sentons diminuer la tension de ces dernières semaines.



Mercredi 10/04

Norbert nous a invités à visiter l'installation de télémesure de la Montagne des Pères pour le début de soirée (le nom provient de la Confrérie de Jésus qui y était installée). En attendant, nous retournons au CSG pour y ranger nos affaires et visiter le Musée de l'Espace dont les divers éléments exposés constituent autant de stimulants. Nous observons attentivement l'EPS d'AR5, il a été au centre de beaucoup de discussions pour des missions futures.
Vers midi, un appel téléphonique nous informe que M. Lamaison nous invite à assister à un exposé sur les capacités de SPOT5 et à une visite du satellite. Nous sommes en présence de nombreux collaborateurs du CNES dont M. Philippe Maubert, Directeur Des Opérations pour le vol 151. Je suis invité à faire un exposé improvisé sur le concept DES et la description d'IDEFIX 1&2. M. Lamaison termine en plaisantant sur les derniers étages recouverts de panneaux solaires, je lui réponds que nous sommes déjà en train d'y penser sérieusement et que les premières ébauches ont trouvé leur place sur des coins de nappes en papier, traditions obligent.
A 17h00 nous rejoignons Norbert qui nous introduit dans le saint des saints de la station de télémesure.

Après nous avoir expliqué l'architecture du dispositif de mesure et les différents liens entre les stations réparties sur la trajectoire du lanceur, il nous fait assister au rejeu d'un vol précédent et nous découvrons des aspects d'Ariane aussi insoupconnés que passionnants.
Il les décrira dans un prochain article.
Cette fois, la tension est effacée et nous finissons par une joyeuse soirée enfin détendus.
Le retour a lieu dans la nuit de vendredi à samedi. Il est déjà temps de préparer le JAF, les photos, les CR et de s'occuper de SATEDU qui franchit en ce moment une étape critique.
Mis à part quelques frayeurs au sujet d'un certificat de conformité introuvable, problème rapidement résolu par Manuela Monteiro, et quelques rappels de factures, la semaine suivante permet de faire le point sur ce formidable travail d'équipe.

Quelles étapes restent encore à franchir ?

A J-3, c'est à dire le 29 avril, le bouchon d'armement sera mis en place juste avant la répétition générale du lancement. Cette opération aura lieu en présence de Norbert entre 08h00 et 09h00 de Kourou. A partir de cet instant, les temporisateurs des deux CU seront mis en fonction. La CU2 devrait être la première à se mettre en route 14.7 jours plus tard, la CU1 suivra de peu avec une tempo calée à 15.1 jours.
Le lancement est programmé le 03/05 à 22h31, heure de Kourou.

IDEFIX

Les charges utiles

Conception, réalisation.

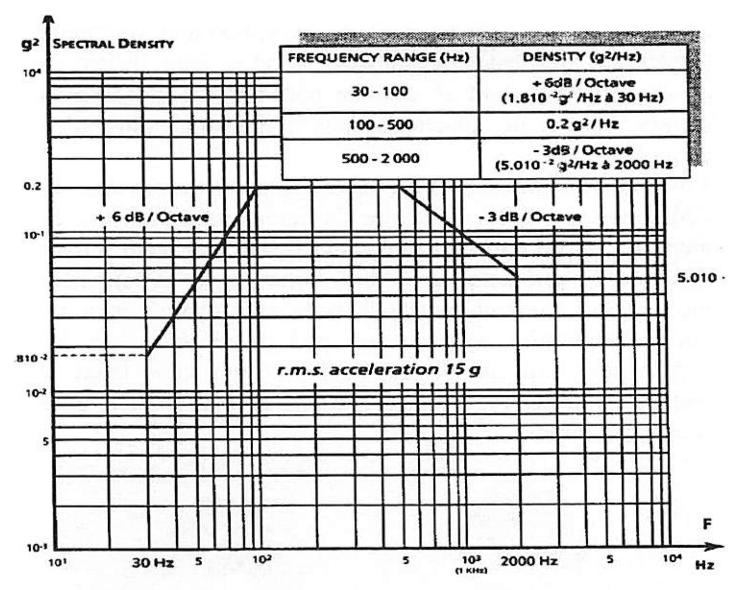
Ghislain Ruy F1HDD

La mécanique et la thermique

Le nanosat a été conçu initialement pour être emporté confortablement dans une navette ou un Soyouz puis être lancé à la main lors d'une EVA. Le placer sur un lanceur est une toute autre affaire.
Le concept thermique, relativement simple, est mis à mal par l'emplacement sur l'ASAP, l'éclairement n'est pas contrôlé et peut prendre des valeurs comprises entre 0 et 50% du temps d'orbite en illumination. Dans ces conditions, il faut évidemment s'attendre à une gamme de température très importante dont l'équilibre final est inconnu car dépendant de l'attitude que prendra le troisième étage une fois qu'il aura atteint son équilibre dynamique. Ce point est explicité plus loin.

	Frequency range (Hz)	Mandatory Qualification Levels (0 - peak)	Recommended Acceptance level (0 - peak)
Longitudinal	5 - 6 6 - 35 35 - 100	17.3 mm 3.75 g 2.5g	10.4 mm 2.25g 1.5g
Lateral	5 - 100	1.0g	0.8g
Sweep rate (Oct./min.)		2 Oct./min.	4 Oct./min.

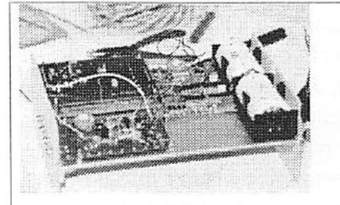
Les vibrations au lancement constituent une autre difficulté et les gabarits de qualification sont impressionnants. La figure ci-dessus ainsi que la suivante sont extraites du manuel utilisateur ASAP4. (vous avez bien lu : 15 g r.m.s.)

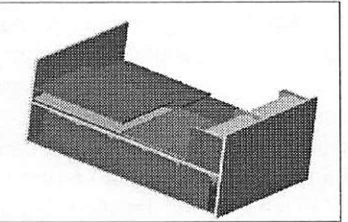


90 secondes par axe

90 secondes par axe

Le concept du prototype est repris et amélioré pour satisfaire à ces contraintes. Les 10 premières piles sont fixées directement sur le fond du coffret avec interposition d'une plaque de verre epoxy de 15/10 jouant le rôle d'isolant thermique et maintenues dans des supports en nylon chargé en fibre de verre. Les deux restantes sont reportées sur la structure supportant l'électronique.
Celle-ci prend la forme d'une plaque centrale en verre epoxy 15/10 doublé d'alu 12/10 montée entre deux parois verticales en verre epoxy de 25/10 qui la maintiendront latéralement et transversalement. Cette structure est montée 'flottante' dans le coffret et maintenue par des amortisseurs internes sous la forme de bande en polymère au silicone de 1.5mm d'épaisseur s'intercalant entre la structure et le coffret.





Représentation 3D et réalisation

Afin de donner une assise commune aux amortisseurs et au coffret, celui-ci est monté sur une plaque d'aluminium de 5 mm d'épaisseur qui joue également le rôle de raidisseur.
Enfin, il faut isoler les piles et l'électronique des vibrations car nous n'avons pas le temps de les qualifier séparément. La plaque support du coffret est donc montée sur des amortisseurs qui sont choisis dans la gamme Vibrachoc pour ce genre d'application. Enfin, pour faciliter le montage, les amortisseurs sont montés sur des équerres qui assurent l'interface avec l'ASAP. Celles-ci sont usinées dans la masse et réalisées à l'ENSMA à Poitiers en temps record. Elles assurent aussi la rehausse du boitier ce qui permet l'illumination du dessous par reflexion sur l'ASAP et contribue ainsi au réchauffement et à la diminution de la gamme de température.



Photo 7 : signature du contrat
Jean Louis Rault, Christophe mercier, Ghislain Ruy, Didier Aubin

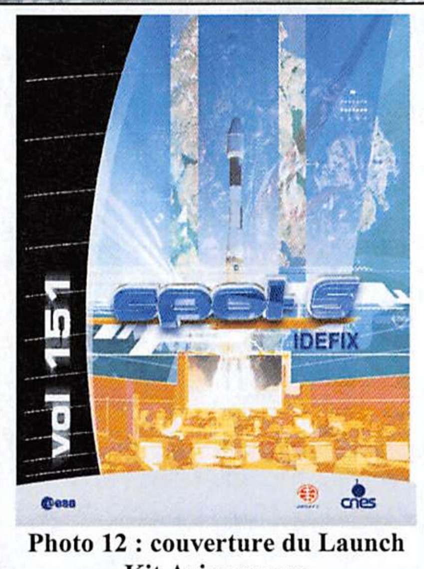


Photo 12 : couverture du Launch Kit Arianespace



photo 8 : zone de transfert



Idéfix
Deux mois pour passer de la proposition à l'intégration sur le lanceur !

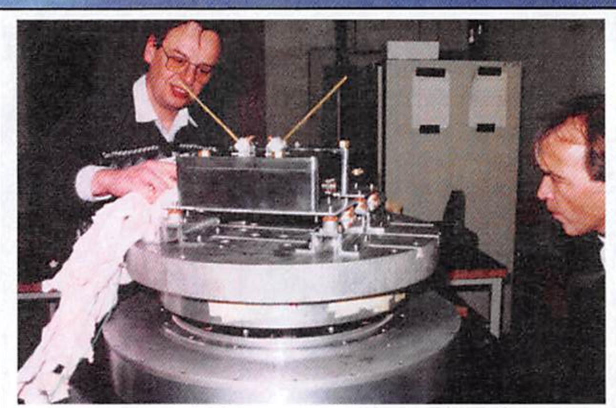


Photo 9 : Idéfix sur la table de vibration



Photo 10 : Jean François et Mathieu pour la mise au point des TX

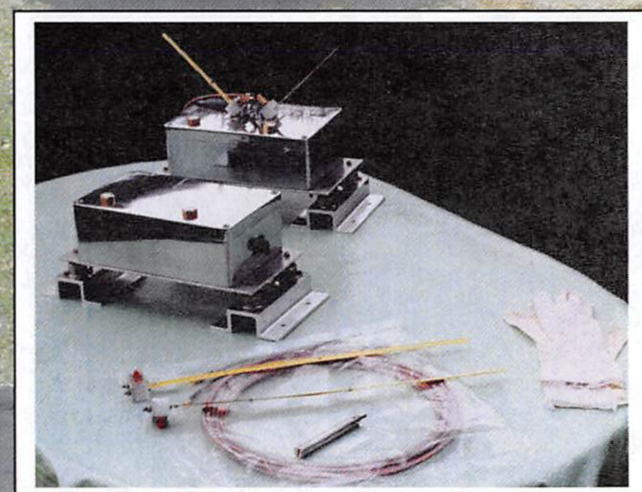
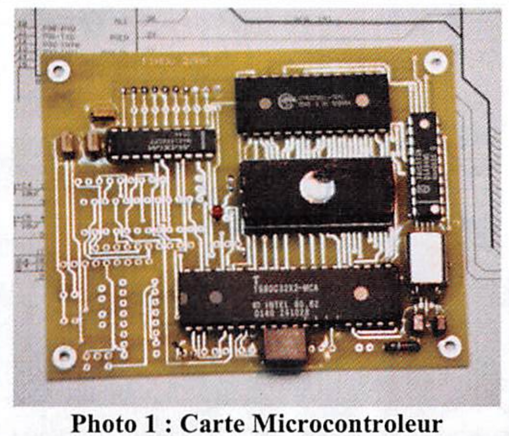
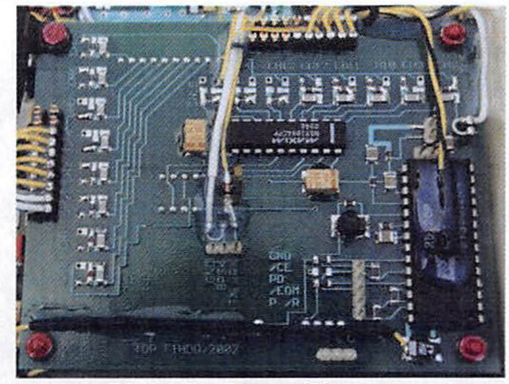
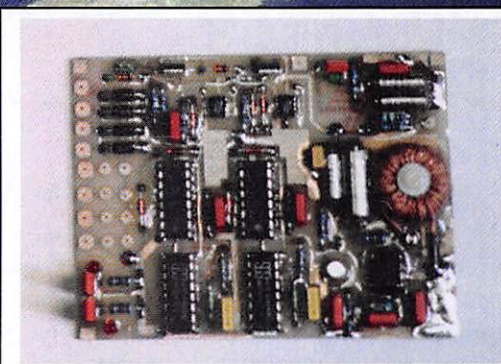


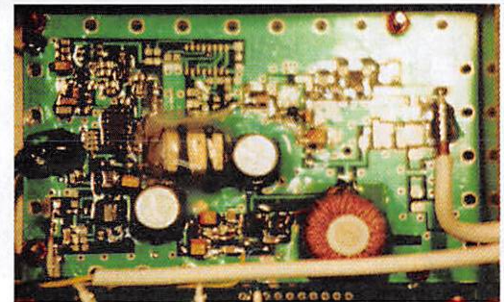
Photo 11 : Matériel prêt pour le départ




Photo 1 : Carte Microcontroleur


Photo 2 : Carte télémesure

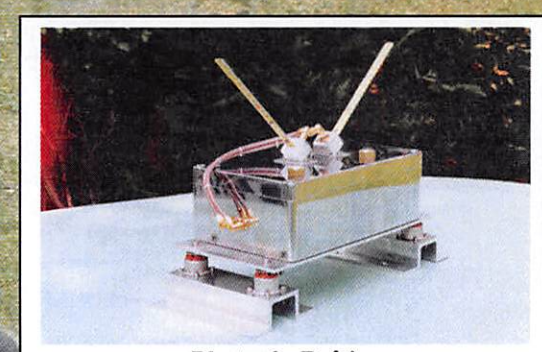

Photo 3 : Carte alimentation

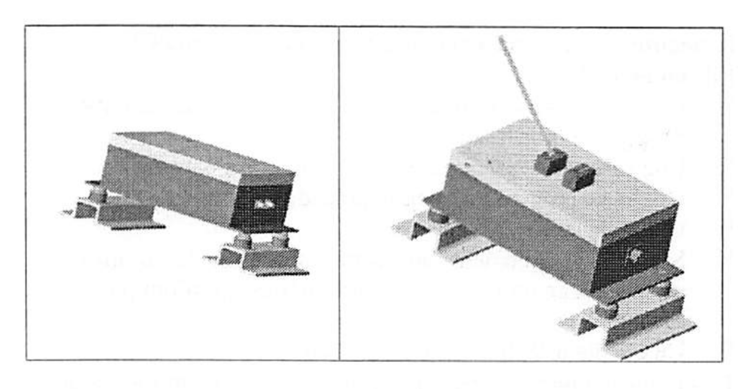

Photo 4: Carte émetteur versatile
145 Mhz / 435 Mhz

Les modules composant les charges utiles Idéfix

Photo Amsat-France

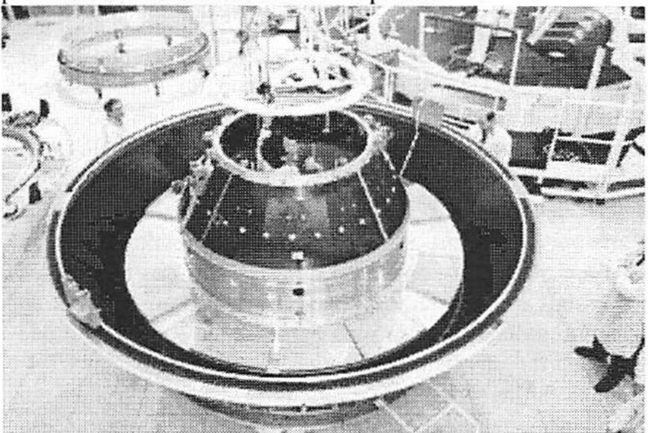

Photo 5 : Insertion des piles


Photo 6 : Boîtier



IDEFIX en CAO

Les connecteurs de sortie antenne sont des SMA, celui du toron d'armement est choisi dans la gamme militaire avec un verrouillage à baïonnette.
Les coffrets sont ensuite polis (on peut s'en servir pour se raser) afin d'améliorer le contrôle thermique. La philosophie retenue est celle de la double isolation : en laisser rentrer ou sortir le moins possible. Toutefois, il est clair que le plus gros risque réside dans la température de fonctionnement. La plage souhaitable est comprise entre +20 et + 70 °C, qui donne aux piles leur capacité maximale tout en laissant l'électronique dans une plage satisfaisante. Le fonctionnement est assuré jusqu'à –25, en dessous, on rentre dans l'inconnu.
Les parois intérieures du coffret ont été laissées brutes, donc légèrement réfléchissantes, au contraire des spoutniks, ceci afin de conserver la chaleur interne, ce qui devrait permettre de remonter la température en cas de faible illumination.
L'éclairement attendu est en effet au maximum moitié de celui d'un satellite 'normal' en raison des zones de masquage dues à l'emplacement de l'ASAP et le cône support de SPOT. Il peut être nul, ce qui serait le pire cas pour lequel quelques précautions ont tout de même été prises.



Interface lanceur / charges utiles

Les missions, la configuration sur l'ASAP et l'électronique.

La mission fixée aux CU est le résultat d'un compromis entre ce que nous voulions faire et ce que nous avions de disponible sous la main ou qui pouvait être prêt dans un délai compatible de la réalisation.
Elle a aussi été fixée pour assurer une durée de vie raisonnable tout en donnant des signaux exploitables facilement depuis une orbite circulaire à 800km.
Enfin, il fallait un certain 'fun' qui puisse attirer le côté expérimentateur des radioamateurs et qui nous apporte des enseignements pour d'éventuelles missions futures du même type.
Ces itérations ont abouti aux missions suivantes :

CU1 :

- Séquence
  - 3 secondes de TLM,
  - 12 secondes de silence,
  - message vocal d'environ 6 secondes,
  - 12 secondes de silence.

Elle transmet 8 canaux de télémesure qui sont les valeurs
- Vbatt
- 2 capteurs optiques (angle d'incidence de l'illumination)
- température d'un capteur optique pour corriger les indications,
- 2 températures batterie bloc inférieur.
- 1 température boitier sur le bas dela face X+
- température des VCO et buffer.

Les mesures ont lieu juste avant l'émission et sont transmises immédiatement.
Fréquence : 145.840 MHz, puissance : 120mW répartis entre deux monopôles verticaux diamétralement opposés sur l'ASAP.
Modulation Voix : NBFM
Modulation Data : sous porteuse à 1200 Hz modulée à 400bps Manchester différentiel (identique P3).
Les sous trames comportent 6 octets de données dont un de vérification et sont précédées de 4 octets de synchronisation. La durée de la sous trame est d'environ 0.7 seconde. Cette valeur a été choisie pour assurer le maximum de chances de réception d'au moins une sous trame complète compte tenu du fading attendu sur les signaux.
La durée de vie estimée est d'environ 40 jours.



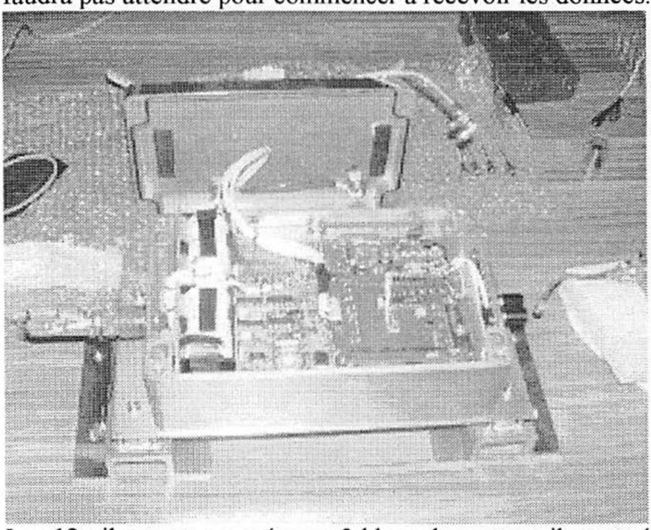
CU2 :

Séquence
- 3 secondes de TLM,
- 22 secondes de silence,

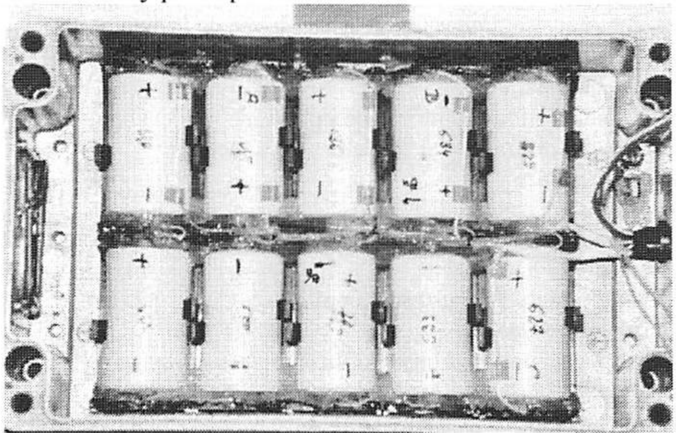
cette sous-séquence est répetée quatre fois puis suivie de 7 secondes de silence, d'un message vocal, de 7 secondes (max) de silence puis repart au début.
Elle transmet 16 canaux de télémesure qui sont les valeurs
- Vbatt
- I TX
- 2 capteurs optiques (angle d'incidence de l'illumination)
- température d'un capteur optique pour corriger les indications,
- 2 températures batterie bloc inférieur.
- 1 température boitier sur le bas dela face X+
- température TX
- puissance relative RF
- tension 5v TX
- tension 7.5V TX
- température enregistreur vocal.
- 3 canaux à zéro.

Les mesures ont lieu juste à la fin de l'émission et sont transmises à la trame suivante.
Fréquence : 435.270 MHz, puissance : 1.3W répartis entre deux monopôles inclinés montés sur le coffret.
Modulation Voix : NBFM

Modulation Data : sous porteuse à 1200 Hz modulée à 400bps Manchester différentiel (identique P3).
Les sous trames comportent 6 octets de données dont un de vérification et sont précédées de 4 octets de synchronisation. La durée de la sous trame est de 0.7 seconde environ. Cette valeur a été choisie pour assurer le maximum de chances de réception d'au moins une sous trame complète compte tenu du fading attendu sur les signaux.
Il avait été prévu de monter trois gyromètres, le temps a manqué pour les étalonner, et les monter tels quels aurait donné des indications trop grossières dont il aurait été impossible de tirer des conclusions utiles. A regret, nous avons donc décidé de ne pas les monter et de réutiliser une partie des canaux de tlm qui leur étaient affectés pour instrumenter l'électronique et observer son comportement.
Les antennes ont été montées sur le coffret , cela résulte d'une proposition de Jean Francois F6CWN qui a remarqué que les antennes ne seraient pas convenablement dégagées sur l'ASAP et que l'on perdrait moins, tout compte fait, en les placant au sommet du boîtier où leur dégagement apporterait plus de visibilité que d'en mettre deux diamétralement opposées. Sa solution apporte en plus l'avantage de longueurs de coax réduites au minimum.
La durée de vie estimée est de 20 jours. C'est très court et il ne faudra pas attendre pour commencer à recevoir les données.



Les 12 piles sont groupées en 3 blocs de quatre piles en série et fournissent 14.64V à vide. Pour en tirer le maximum de capacité, l'optimum aurait été de les grouper en deux blocs de 6 piles en série, mais cela aurait posé un autre problème qui n'aurait pas été résolu rapidement de manière satisfaisante. En effet, la capacité des piles au lithium est d'autant plus importante que le courant débité est faible. Augmenter la tension est donc une bonne méthode pour y arriver. Elle sera utilisée pour d'autres missions et notamment les picosats de P5A si nous y participons.



Agencement des piles lithium au niveau inférieur

L'électronique est quasiment identique dans les deux CU.
Elle comprend :

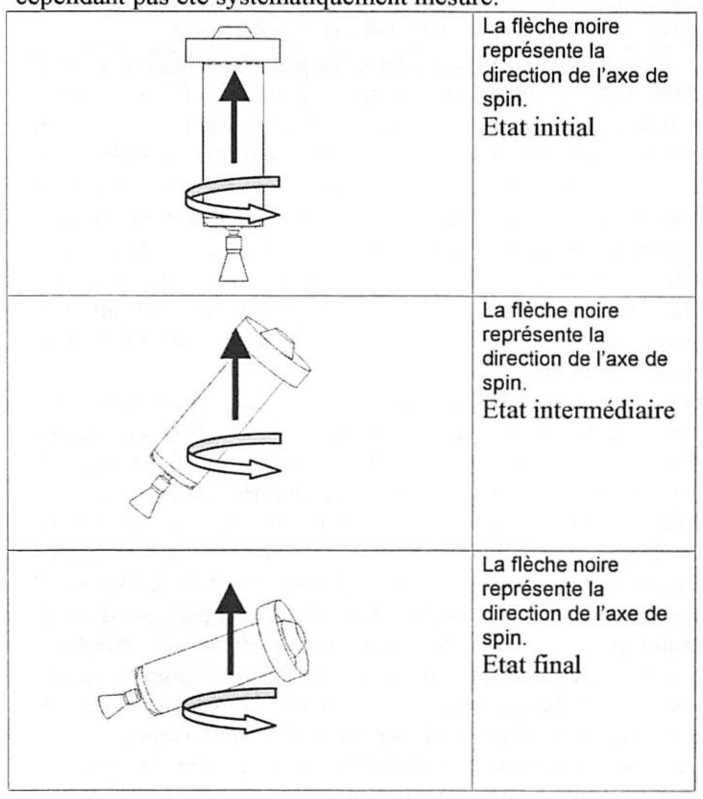
- Un circuit temporisateur, coupleur de piles et alimentation 5V pour le processeur.
- Une carte processeur à 80c32X2 cadencé à 6.144MHz
- Une carte piggy pour la carte précédente
- Une carte émetteur.
- Sur CU2 uniquement, une carte supportant le circuit de mesure du courant TX et les Gyromètres qui n'ont pas été montés.
- Un coupleur Wilkinson en coax semi-rigide.

Le circuit temporisateur/coupleur/alim 5V est identique pour les deux CU. Le temporisateur est un oscillateur RC suivi de compteurs cascadés. L'ensemble est redondé et commande deux MOSFETS qui alimentent le reste de la CU une fois le compte final atteint. Le temporisateur se verrouille définitivement une fois enclenché.
L'alimentation 5V est du type buck à découpage et son rendement est de l'ordre de 75-80 %. La carte comprend également le pont de mesure pour la tension Vbatt et les diodes de couplage des blocs de piles. Ici aussi, la solution est suboptimale et des Fets auraient mieux rempli ce rôle avec moins de pertes. Le temps a encore manqué pour y apporter une réponse parfaite.
Cet ensemble a été conçu spécialement pour IDEFIX et ne se trouve normalement pas sur la version lançable à la main.
La carte processeur comprend 32 Ko de ROM, un ADC 8 canaux 12 bits et 32ko de RAM supplémentaires sur CU2 pour y effectuer le stockage des valeurs, le calcul de la moyenne de ces mêmes valeurs et la datation des extrema.
La carte est directement issue de celle développée pour RS19 et est destinée également aux expériences sous ballon Bulle d'Orage.
Elle inclut également une liaison série et 8 interrupteurs MOS commandés. Ces éléments n'ont pas été utilisés sur les CU.
La carte piggy supporte l'enregistreur vocal, un deuxième ADC (uniquement sur CU2) et les réseaux d'adaptation de tension pour les ADC. La programmation de l'enregistreur vocal est possible 'in circuit' via un cordon à la carte son, une commande via le port parallèle d'un PC et un logiciel spécialement développé pour la circonstance.
Le logiciel des CU a été dérivé de celui de RS19 et développé par Christophe. On peut dire sans excès que c'est un morceau de bravoure en ce qui concerne l'optimisation des ressources du processeur et la génération de la modulation. Il n'y a en effet aucun modulateur et la sous porteuse à 1200Hz modulée en BPSK est directement générée par le processeur. Sur CU1, tout cela se fait avec les 256 octets de la RAM interne et qui plus est en mettant encore le processeur en sommeil afin d'économiser le courant.
La carte émetteur est celle prévue pour les TX TLM de SATEDU. Elle est versatile, accepte la modulation FM, FSK, AFSK, et BPSK (jusqu'à 512kb/s) et peut servir sur 145 et 435 MHz moyennant le changement de quelques composants avec trois niveaux de puissance : 120mW, 250mW ou 1.6W.
Si le fonctionnement de l'émetteur 146 a été parfait du premier coup, une petite (mais désagréable) erreur de conception et une erreur d'implantation ont nécessité une recherche de quelques heures (et donné quelques sueurs froides). Le défaut est maintenant connu et il en sera tenu compte pour les futurs TX sur 435MHz réalisés à partir de cette carte. Un nouveau routage sera réalisé.
Pour les CU, il a été rajouté une self de choc à la masse en sortie de TX afin de garantir un chemin d'écoulement des charges statiques générées sur les antennes.
La commande d'émission se fait au travers la commande ShutDown de l'alimentation à découpage de 7.5V. Une diode oubliée nous a fait passer une heure noire. Le 5V tx est dérivé

du 7.5V TX au moyen d'un régulateur linéaire 100mA.
La modulation BF ou les data en FSK sont appliqués sur le quartz de référence du synthétiseur via un circuit d'adaptation à AOP passant le continu et non pas sur la tension de boucle du VCO. On conserve ainsi une fréquence de boucle favorable à une excellente pureté spectrale au pied de la raie et en spurious proches, ce qui était un impératif pour SPOT dont une des charges utiles fonctionne vers 400MHz. Bien que le troisième étage et SPOT soient tout sauf proches une fois séparés, le CNES avait posé une exigence sur ce point pour tenir compte d'un déclenchement intempestif de la CU2 avant séparation et éloignement. Avec les performances atteintes sur le TX, la distance de sécurité est atteinte dès 10 mètres, ce qui n'a pas peu contribué à faire pencher la balance en notre faveur.
Le circuit de mesure de courant est basé sur un MAX471 dont la simplicité d'utilisation s'est imposée d'emblée.
Le coupleur Wilkinson en sortie de TX a été choisi en raison de sa facilité de réalisation et de ses excellentes performances. Réalisé en coax semi-rigide aussi bien sur 146 que sur 435, ses pertes d'insertion ont été mesurées à moins que 0.2dB et son adaptation à mieux que 26 dB. L'isolation entre voies est inférieure à –30 dB. Il est réalisé sur un circuit imprimé vissé sur la face X+ et les pinoches des connecteurs SMA viennent directement se connecter sur les âmes des coax.
Les photos en gros plan vous permettront mieux d'appréhender la réalisation.
Un soin tout particulier a été apporté au câblage et l'expérience de Jean-François F6CWN dans le domaine de l'électronique militaire a été un facteur majeur dans le succès des essais et l'extrême qualité de la réalisation. Elle sera sans doute une des clefs de la réussite des expériences.

L'équilibre dynamique de ET3

Après la séparation du passager principal et les manœuvres anticollision, l'ET3 est spinné à environ 40°/s afin de procéder à la purge des réservoirs. Assez rapidement, l'ET3 gagne son équilibre dynamique en déplaçant sa rotation vers son axe de plus grande inertie. Les trois figures suivantes montrent l'évolution qui se produit et dont la durée dépend du balourd final. Quelques heures semblent être un maximum. Ceci n'a cependant pas été systématiquement mesuré.



La direction de l'axe de spin ne change pas. L'angle entre l'axe de spin et le grand axe de ET3 dépend de la position de l'axe de plus grande inertie.
Quelles sont les conséquences de la direction de l'axe de spin pour IDEFIX, monté sur l'ASAP ?
Si l'axe de spin est dans la direction du soleil, le pire est arrivé car l'ASAP est alors masqué en permanence ou presque.
A l'inverse, si l'axe de spin est perpendiculaire à la direction du soleil, l'illumination est obtenue lorsque le sommet de ET3 pointe vers celui-ci au cours de la rotation.
Toutes les orientations intermédiaires sont possibles et par voie de conséquence l'illumination du sommet.
Les capteurs optiques des CU devraient permettre une détermination approximative de l'état final.

En conclusion

Bien d'autres choses restent encore à écrire, mais le mieux est sans doute de n'en rien faire afin de vous inciter à vous y mettre vous aussi et de les découvrir à votre tour. En tant qu'associés de l'AMSAT-France, votre participation a été et est essentielle au succès de cette mission aussi bien que les futures (et SATEDU avance maintenant assez bien). Les résultats que vous nous enverrez, votre support, votre apport financier ou votre participation sont ce qui nous permettra de continuer et d'aller plus loin.

Logiciel embarqué

Christophe Mercier

Historique

L'idée de réaliser un SP42 est intervenue au milieu du mois de décembre 1998. La plus grande évolution par rapport au version SP40 et SP41 était de générer un signal numérique véhiculant des télémesures et des pages HTML journalières en plus des messages vocaux. Il fallait opérer à une évolution majeure de l'électronique de SP 41.
Il a été décidé d'ajouter un microcontrôleur. Ce dernier se charge de la génération du signal numérique et du pilotage du composant mémorisant les messages vocaux.
Il est à noter que la modulation choisie était compatible de la modulation de télémesure de phase 3D. Ghislain Ruy, F1HDD, ayant mis au point, un logiciel sous MSDOS permettant le décodage des trames ainsi transmises. Ce logiciel a évolué pour devenir PSKDEC puis WPSKDEC.
Un document de spécification du système fut réalisé permettant de fixer les caractéristiques majeures du système et de sa mission. De ce document ont été déduites les premières spécifications du logiciel embarqué et des contraintes sur la carte à base de microcontrôleur. Une activité de conception a démarré entre les différents membres du projet. L'utilisation intensive du mail a permis de faire avancer le projet rapidement. Il fut abouti en moins de 5 semaines ! ! !
Bien que SP42 ne fut pas lancé opérationnel, nous avions sur étagère un système permettant de transmettre des données numériques ainsi que le logiciel de décodage. Nous maîtrisions aussi la chaîne complète, de la génération de trame numérique au décodage.
Suite à SP42, le concept ne fut pas abandonné :

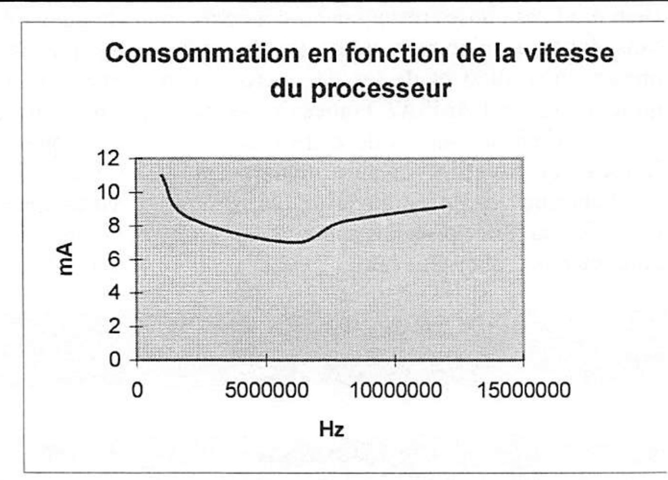
- En 2000, un carte microcontrôleur ballon fut développée, elle intégrait l'électronique de télémesure. Le logiciel fut porté sur cette carte.
- En 2001 la carte SP42 fut reprise dans le nanosat Idéfix présenté à Nordwijk. Le logiciel embarqué avait été modifié pour intégré une nouvelle trame de télémesure. WPSKDEC évolua en parallèle lui aussi.
- En février 2002, lorsque Ghislain F1HDD me contacta pour implémenter les logiciels des charges utile CU1 et

CU2, nous convenions d'utiliser des cartes développées dans le cadre d'applications ballons radioamateurs. Chaque charge utile ayant des missions différentes, il était nécessaire de développer deux logiciels embarqués différents en parallèle. En fait ces deux logiciels sont des évolutions majeures du logiciel porté sur la carte ballon en 2000.

Le dimensionnement

Avant de décrire le fonctionnement du logiciel, voici les éléments pris en compte pour sa réalisation:

- Diminution de la consommation. La consommation d'un système à base de microcontrôleur est liée à sa vitesse de fonctionnement. Il est donc important de prendre en compte cela lors de la réalisation du logiciel. Cela a pour conséquence de faire choisir un implémentation qui réduit au maximum le nombre d'instructions.



Cette figure donne l'estimation de la consommation de la carte CPU pour le logiciel de traitement des télémesures.

- Le temps de développement et de mise au point. Cela influe directement sur le langage utilisé. Le langage utilisé est le langage C. Un des avantages est que le compilateur génère un code assembleur. Cette étape permet de vérifier la génération du code dans certains cas.
- L'architecture du système à base de microcontrôleur de type 80c31. Il est nécessaire de connaître parfaitement l'architecture du microcontrôleur. Cela permet une meilleure gestion de la mémoire lors des changements de contextes lors d'interruptions ou pour l'économie d'énergie.

Description du logiciel

Le logiciel est décomposé en 3 parties :

- phase d'initialisation
- séquenceur en tâche de fond.
- gestionnaire d'interruption

La phase d'initialisation consiste à :

- initialiser les variables utilisées
- initialiser le timer
- initialiser les ports d'entrée / sortie

Le séquencement consiste à réaliser une action en fonction du temps. Il est basé sur une table de configuration permettant de définir le séquencement des différents états du logiciel. Cela permet aussi une grande souplesse lors des évolutions.

Les différents états de l'automate sont :

- Wait : état d'attente ou le logiciel n'effectue pas d'action. En fait le logiciel met le microcontrôleur dans un état basse consommation.
- SPI : Etat de lecture du composant SPI. Dans cet état nous effectuons la lecture des télémesures.
- Voix : Etat de pilotage de la voix. Le logiciel effectue le pilotage du composant ISD qui stocke les signaux vocaux.
- SYNC : Etat d'envoi de la chaîne de synchronisation du message NRZI.
- TLM : Etat d'envoi de la chaîne de télémesure.

3 sous-états ont été ajoutés afin de réaliser la transmission numérique. C'est la partie la plus sensible du logiciel. Lors de la transmission d'un caractère, les 3 sous-états peuvent être parcouru durant la transmission d'un bit. C'est l'élément dimensionnant du système. Il faut donc réduire au maximum le nombre d'instructions dans ces états.

Une autre difficulté est d'éviter la désynchronisation entre l'émission des différentes parties d'un message. C'est à dire que les bits soient transmis à la bonne vitesse avec la bonne valeur.

Afin de réduire le temps de calcul des bits à transmettre, il est prévu une table de correspondance entre un caractère et les bits d'encodage à envoyer, plutôt que d'opérer un calcul du bit à transmettre. Cela permet de réduire de 50 % le taux d'occupation machine.

La dernière partie du logiciel est la fonction d'interruption. La fonction d'interruption doit être la plus courte possible. Elle a pour fonctionnalité de positionner le bit en sortie. Les bits à envoyer sont transmis à la vitesse de 2400 Hz. Le timer interne est utilisé pour générer cette fréquence. A chaque interruption, le bit est émis, la détermination du bit suivant est calculée.

Une deuxième routine d'interruption a été réalisée pour prendre en compte la fin du message vocal et ainsi réduire la consommation au maximum.

Mise au point

La mise au point du logiciel a été faite à l'aide d'un simulateur. Cela a permis de valider les différents modes de fonctionnement. La mise au point des timings a été réalisée sur une maquette, à l'aide d'un analyseur logique et du logiciel de décodage de signaux numériques.

L'intégration du logiciel dans le matériel final s'est effectuée sur plusieurs modèles. Cela a permis de mettre au point le matériel, puis de faire les réglages de timing du logiciel. Les maquettes ont fonctionné plusieurs jours consécutifs pour vérifier les changements de dates et sa robustesse

Evolution du logiciel pour Idefix.

Pour tenir compte des missions d'Idéfix, des évolutions majeures ont eu lieu. Une des contraintes dans CU1 est un changement de format de télémesure. Ce format de télémesure demandait beaucoup plus de taille mémoire que le format précédent, or pour des raisons de consommation, il était important de ne pas utiliser de mémoire externe RAM. Il a fallut faire évoluer l'automate pour y insérer de nouveaux états. Une solution a été trouvé pour optimiser l'utilisation de la mémoire Ram interne. Sur les 128 octets utilisables, il en reste 2 de libres.

Dans le cas de CU2, les spécifications demandaient de faire des calculs et de mémoriser des valeurs. Il a été décidé d'utiliser de la mémoire RAM externe. Afin de garantir la robustesse du logiciel, seules les données nécessaires aux calculs sont stockées dans la mémoire externe. Le logiciel CU2 peut fonctionner avec une mémoire externe défaillante. La aussi , de nouveaux états ont été ajoutés dans le logiciel. Il a été préféré de faire parfois des recopies de portions de code plutôt que de chercher des solutions algorithmiques complexes qui demanderaient plus de mémoire RAM et augmenteraient les risques de débordement de la pile d'exécution. La pile d'exécution n'est profonde que de seulement 8 octets.

La réalisation et le test des deux logiciels ont demandé de longues heures. Grâce aux prototypes câblés par Jean François

F6CWN, les tests ont pu être réalisés au plus tôt. Le logiciel CU 2 comptabilisait ainsi plus de 15 jours de fonctionnement dont 7 jours continus avant de partir pour Kourou permettant d'avoir confiance dans son fonctionnement.
Des évolutions de ces logiciels sont prévues, elles prendront en compte d'une part les nouvelles capacités des microcontrôleurs utilisés et d'autre part les évolutions des schémas de l'électronique qui permettront d'augmenter les fonctionnalités et de diminuer la consommation.

Quelques caractéristiques :

Langage de développement : C
Microcontrôleur : type 80C32 : TS80c32X2
Outils de développement : Compilateur SDC51, simulateur SIM51, assembleur ASM51, analyseur logique HP, oscilloscope, fréquencemètre.

Logiciel	CU1	CU2
RAM Interne	128 octets	128 octets
RAM externe	0 octets	512 octets
ROM	4 ko	14 ko
Ligne de codes	676	1515
Taille de la pile	8 octets	8 octets

Télémesures

Christophe Mercier

Les télémesures transmises par les charges utiles 1 et 2 du projet IDEFIX utilisent le même format :
- BPSK 400 bits/seconde
- Codage NRZI

La structure des trames utilisées est issue de travaux menés sur les télémesure d'AO40 par Norbert FY1DW et de Ghislain F1HDD pour le projet SATEDU. Norbert a envoyé à l'équipe d'AO40 une proposition de nouvelle structure de trame de télémesure pour A040 permettant de réduire les pertes de données (notamment dans le cas de masquage par les antennes). Cette structure nous a paru particulièrement intéressante pour la mission IDEFIX, en effet, les émissions risquent d'être perturbées par la structure de l'ASAP (risque de masquage, risque d'affaiblissement des signaux ...).

Format

Trame

Les trames de télémesure, de longueur variable, sont constituées de sous trames ayant une taille fixe de 6 octets. Chaque sous trame est séparée par quatre octets de synchronisation. Cette structure est représentée par la figure 1

Les quatre octets de synchronisation sont : 0x39,0x15,0xED,0x30

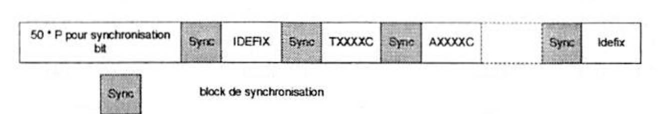


Figure 1 : Structure de la trame de télémesure

Sous trame identification

Le début d'une trame de télémesure est constitué d'un mot de six lettres « IDEFIX » et se termine par un mot de six lettres « Idefix ». L'utilisation de majuscules et de minuscules permet d'identifier le début et la fin de trame. Ceci est particulièrement utile pour l'exploitation des télémesures à la réception.

Sous trame données

En dehors des préfixes et suffixes, chaque sous-trame est composée de 6 caractères utilisés comme suit :
Le premier octet sert à identifier le contenu de la sous-trame. C'est une lettre du code ASCII
Les octets 2 à 5 sont utilisés pour véhiculer une information.
Le sixième octet est utilisé pour la vérification. Il doit être égal au résultat de l'équation suivante :
octet 6 = octet1 XOR octet2 XOR octet3 XOR octet 4 XOR octet 5

Sous trame datation

Chaque trame de télémesure transmise contient une date « TIME STAMP ». Cette date représente la date interne du satellite. Elle correspond à la date de récupération des mesures.
Cette sous-trame à le format suivant :
- octet 1 : « T »
- octet 2 : jours
- octet 3 : mois
- octet 4 : secondes
- octet 5 :
- octet 6 : validation.

La date interne du satellite est gérée par logiciel. Elle débute à 0 jour, 0 heure, 0 secondes. En cas de réinitialisation du logiciel, la date est réinitialisée à 0.

Trame charge utile 1 (CU1)

La charge utile émet continuellement la séquence suivante :
- Message vocal d'une durée maximale de 15 secondes.
- Attente de 12 secondes environ.
- Trame de télémesure.
- Attente de 12 secondes environ.

La charge utile CU1 ne possède qu'une seule trame de télémesure émise toutes les 30 secondes environ. L'émission de la trame dure 3 secondes. La trame de télémesure contient 8 mesures analogiques.

La trame est composée des sous-trames suivantes :

N° sous trames	Identifiant	Contenu
1	Préfixe	IDEFIX
2	T	Time Stamp
3	A	Canal 1 Canal 2
4	B	Canal 3 Canal 4
5	C	Canal 5 Canal 6
6	D	Canal 7 Canal 8
7	Suffixe	Idefix

Tableau 1 : Trame CU1

Le tableau ci dessous défini les données transmises :

Capteurs temp : LM335Z (ST microelectronics). Les valeurs sont données en 1/10 de °K

Donnée	Format	Formule	Unité	Commentaire
Time Stamp	Octet 1 : jour Octet 2 : heure Octet 3 et 4 : secondes			
Canal 1	V batt	(Valeur / 8)*10	V	
Canal 2	Capteur optique X-	(Valeur / 8)	mV	Cos de l'Angle 5.11k 1%
Canal 3	Capteur optique X+	(Valeur / 8)	mV	Cos de l'Angle 5.11k 1%
Canal 4	Température Batterie interne	(Valeur / 8)/10	°K	3.6k 5% 295.2K pour 21.5C
Canal 5	Température coffret paroi X+	(Valeur / 8)/10	°K	3.6k 5% 294.9K pour 21.5C
Canal 6	Température Batterie interne	(Valeur / 8)/10	°K	3.6k 5% 294.4K pour 21.5C
Canal 7	Température capteur X+	(Valeur / 8)/10	°K	3.6k 5% 293.8K pour 21.5C
Canal 8	T Tx	(Valeur / 8)/10	°K	3.6k 5% 296.6K pour 21.5C

Tableau 2 : données CU1

Trame charge utile 2

La charge utile émet continuellement la séquence suivante :

- Trame de télémesure 1.
- Attente de 20 secondes environ.
- Trame de télémesure 2.
- Attente de 20 secondes environ.
- Trame de télémesure 3.
- Attente de 20 secondes environ.
- Trame de télémesure 4.
- Attente de 20 secondes environ.
- Trame de télémesure 5.
- Attente de 7 secondes environ.
- Message vocal de 6 secondes.
- Attente de 7 secondes environ.

La charge utile CU2 possède 5 trames de télémesures émises toutes les 20 secondes environ.

Les trames sont composées des sous-trames suivantes :

N° Trame	N° sous trames	Identifiant	Contenu
1			
	1	Préfixe	IDEFIX
	2	T	Time Stamp
	3	E	Canal 1 Canal 2
	4	F	Canal 3 Canal 4
	5	G	Canal 5 Canal 6
	6	H	Canal 7 Canal 8
	7	Suffixe	Idefix
2			
	1	Préfixe	IDEFIX
	2	T	Time Stamp
	3	I	Canal 9 Canal 10
	4	J	Canal 11 Canal 12
	5	K	Canal 13 Canal 14
	6	L	Canal 15 Canal 16
	3	E	Canal 1 Canal 2
	7	Suffixe	Idefix
3			
	1	Préfixe	IDEFIX
	2	T	Time Stamp
	3	E	Canal 1 Canal 2
	4	A	Max canal1 Min canal 1
	5	B	Moy_10_Canal 1 Moy_90_Canal 1
	6	C	Date Min Canal1
	7	D	Date Max Canal 1
	8	Suffixe	Idefix
4			
	1	Préfixe	IDEFIX
	2	T	Time Stamp
	3	E	Canal 1 Canal 2
	4	E	Max canal 2 Min canal 2
	5	F	Moy_10_Canal 2 Moy_90_Canal 2
	6	G	Date Min Canal 2
	7	H	Date Max Canal 2
	8	Suffixe	Idefix
5			
	1	Préfixe	IDEFIX
	2	T	Time Stamp
	3	E	Canal 1 Canal 2
	4	K	Max canal 3 Min canal 3
	5	L	Moy_10_Canal3 Moy_90_Canal 3
	6	Mc	Date Min Canal 3
	7	N	Date Max Canal 3
	8	Suffixe	Idefix

Tableau 3 : trame CU2

Le tableau ci dessous définit les données transmises :

Donnée	Format	Formule	Unité	Remarque
Time Stamp	octet 1 jour octet 2 heure octet 3 et 4 seconde			
Canal 1	Optro X-	Valeur	mv	
Canal 2	Optro X+	Valeur	mv	
Canal 3	Température optro X-	Valeur/10	°K	
Canal 4	Température coffret X+	Valeur/10	°K	
Canal 5	Tension Batt commutée	Valeur/100	V	
Canal 6	Courant TX	Valeur	mA	1V/A,
Canal 7	Temp bat X+	Valeur/10	°K	
Canal 8	Temp bat X-	Valeur/10	°K	
Canal 9	Temp TX	Valeur/10	°K	
Canal 10	RF out	Valeur	mv	
Canal 11	7,5 V TX	Valeur*2/100	V	
Canal 12	5 V TX	Valeur*2/100	V	
Canal 13	Température ISD	Valeur/10	°K	
Canal 14	Non affecté	Valeur	mv	0
Canal 15	Non affecté	Valeur	mv	0
Canal 16	Non affecté	Valeur	mv	0
Max canal 1	2 octets	Valeur	mv	(1)
Min canal 1	2 octets	Valeur	mv	(2)
Moy_10_Canal 1	2 octets	Valeur	mv	(3)
Moy_90_Canal 1	2 octets	Valeur	mv	(4)
Date Min Canal1	Cf Time Stamp			(5)
Date Max Canal 1	Cf Time Stamp			(6)
Max canal2	2 octets	Valeur	mv	(1)
Min canal 2	2 octets	Valeur	mv	(2)
Moy_10_Canal 2	2 octets	Valeur	mv	(3)
Moy_90_Canal 2	2 octets	Valeur	mv	(4)
Date Min Canal 2	Cf Time Stamp			(5)
Date Max	Cf Time Stamp			(6)

Donnée	Format	Formule	Unité	Remarque
Canal 2				
Max canal3	2 octets	Valeur	mv	(1)
Min canal 3	2 octets	Valeur	mv	(2)
Moy_10_Canal 3	2 octets	Valeur	mv	(3)
Moy_90_Canal 3	2 octets	Valeur	mv	(4)
Date Min Canal 3	Cf Time Stamp			(5)
Date Max Canal 3	Cf Time Stamp			(6)

Tableau 4 : Données CU2

(1) Valeur maximale du canal sur une durée 9 * 28 mesures. Cette valeur est réinitialisée toutes les 9 * 28 mesures.
(2) Valeur minimale du canal sur une durée 9 * 28 mesures. Cette valeur est réinitialisée toutes les 9 * 28 mesures.
(3) Moyenne glissante sur 28 dernières mesures.
(4) Moyenne sur 9 * 28 mesures consécutives. Cette moyenne est recalculée toutes les 9 * 28 mesures.
(5) Date à laquelle a été détectée la valeur minimale. Cette valeur est réinitialisée toutes les 9 * 28 mesures.
(6) Date à laquelle a été détectée la valeur maximale. Cette valeur est réinitialisée toutes les 9 * 28 mesures.

Format du fichier

Nom

Le nom du fichier sera utilisé pour déterminer la date de début de l'enregistrement et identifier la station d'acquisition des télémesures.
Le nom sera constitué de la séquence suivante : IDEFIXdatecréation@indicatif.raw

IDEFIX : identificateur du fichier
Date de la création : du fichier sous la forme JJMMYY HHMMSS : jours,mois,années,heures,minutes,secondes
Indicatif : de la station ayant réalisé l'acquisition.

L'extension **.raw** indique que le fichier est un fichier binaire. Une extension **.zip, .gz, .rar** indiquerait que le fichier serait compressé par l'outil adéquat.

Contenu

Le fichier contient l'ensemble des sous-trames de télémesures reçues. L'ensemble des 6 octets est enregistré sans modification, quelle que soit la valeur de l'octet de vérification. Les sous-trames sont enregistrées chronologiquement.

IDEFIX, mode d'emploi

Jean-Louis Rault F6AGR & Ghislain Ruy F1HDD

IDEFIX devrait être activé une douzaine de jours après le lancement. Nous comptons donc sur vous pour surveiller aux alentours des fréquences 145,840 MHz et 435,270 MHz et pour nous faire parvenir des rapports d'écoute et des enregistrements de données télémétriques.

Que vous faut-il pour participer à l'aventure ?

Côté réception, des antennes à gain (Yagi, par exemple) seront sans doute nécessaires, vu la distance qui nous séparera des charges utiles et vu les effets de masquage probables.
Côté décodage, un PC tournant sous Windows 98 ou plus et équipé d'une carte-son reliée au récepteur VHF/UHF vous permettra de décoder les données télémétriques, de les afficher et de les lire en direct sur l'écran, ainsi que de les stocker sur votre disque dur .
Nous vous serons très reconnaissants de nous faire parvenir ces fichiers à l'adresse e-mail suivante : telem@idefix-france.net ou par courrier postal à l'adresse :

Amsat-France
IDEFIX
14 bis rue des Gourlis
92500 Rueil Malmaison

Nous prévoyons de stocker les données reçues du monde entier dans une base de données qui vous sera accessible par Internet.
Vous serez ainsi à même de les exploiter vous-même, et de tracer des courbes de températures, tensions ou courants évoluant au gré des orbites et même d'évaluer l'orientation des charges utiles par rapport au Soleil.
Une carte QSL IDEFIX éditée spécialement sera envoyée à tout expéditeur d'un rapport d'écoute (comportant au minimum la fréquence écoutée, la date et l'heure , la qualité de réception) .
N'oubliez pas de joindre une enveloppe timbrée self-adressée pour la réponse en envoyant votre rapport à l'adresse indiquée ci-dessus.
Toutes les informations nécessaires à l'exploitation d'IDEFIX (éléments képlériens, flashs de dernière minute, vie du projet, téléchargement du programme WPSKDEC de démodulation des télémesures, informations diverses) seront accessibles sur un site WEB dédié à ce projet.
Connectez vous sur ***http://www.idefix-france.net***
En vous abonnant à notre liste de diffusion AMSAT-France, vous serez assuré de suivre jour et nuit, en direct, tous les évènements de cette aventure, et de trouver une réponse à toutes vos questions !

Réception des signaux.

La puissance des émetteurs d'IDEFIX est suffisante pour assurer un bilan de laison satisfaisant y compris pour les stations ne disposant que d'un équipement minimal.
Le troisième étage tournant sur lui même, il faut s'attendre à un fading périodique dont la période sera comprise entre 1 et 2 minutes suivant les dernières estimations. A ce fading pourra s'ajouter, principalement sur 435MHz, l'effet des masquages qui devrait être cependant moins important en raison des effets de diffraction sur les bords de la virole externe.

La réception sera donc possible y compris avec des moyens limités et réduits.

Sur 146 MHz, avec un yagi 9 éléments même non orientable en site, vous n'aurez aucune difficulté à recevoir IDEFIX du début à la fin du passage hors évanouissements.
Avec une antenne verticale ou type 'Eggbeater', la réception sera possible à partir d'approximativement 35 ° d'élévation.

Sur 435 MHz, la réception sera possible avec une marge confortable durant tout le passage en utilisant une 19 éléments orientable en site. Avec une antenne fixe à faible gain, le signal sera exploitable à partir d'approximativement 35° d'élévation.

Le récepteur devra être positionné en mode FM avec une largeur de bande de 15 kHz au maximum si ce réglage est disponible. **N'utilisez pas le squelch**. La durée de transmission des télémesures est brève (3 sec.) et il est facile de rater la trame avec un squelch mal réglé ou un récepteur légèrement décalé en fréquence. Les émetteurs d'IDEFIX vont être soumis à de grandes variations de température et le décalage en fréquence peut atteindre 8 à 10 kHz.
Il faut tenir compte du Doppler suivant le tableau suivant :

Minutes avant ou après culmination	Distance	Corr. FRx 146 MHz	Corr.FRx 435 MHz

-7.6	3293	3.2	9.6
-2.5	1339	2.7	8.2
-1.5	1027	2.1	6.4
-0.8	863	1.3	3.8
-0.5	828	0.9	2.6
-0.3	807	0.5	1.4
0	800	0	0
0.3	807	-0.5	-1.4
0.5	828	-0.9	-2.6
1.5	1027	-2.1	-6.4
2.5	1339	-2.7	-8.2
7.6	3293	3.2	9.6

Enregistrement des télémesures

Pour exploiter les télémesures, vous devez télécharger sur notre site WEB http://www.idefix-France.net une version de notre logiciel WPSKDEC adaptée au décodage IDEFIX

Il est INDISPENSABLE que la base de temps de votre PC soit PARFAITEMENT à l'heure, afin que le PC puisse dater avec précision les données reçues.

Nous vous demandons donc de télécharger également sur notre site le logiciel Dimension 4, qui est un utilitaire de mise à l'heure de PC utilisant de façon très simple les étalons horaires accessibles sur INTERNET.

Les prévisions de passage du troisième étage.

Dès le lendemain du lancement, les paramètres orbitaux seront publiés sur le site idefix-France.net et importables directement dans LSF.

Pour ceux qui ont accès au serveur de la NASA, il conviendra de rechercher AR4 r/b correspondant au lancement.

Enfin, vous aurez à votre disposition sur le site une applet vous permettant de calculer les prévisions de passage pour votre localisation si vous ne disposez pas de logiciel de poursuite. Il suffira de faire un 'selectionner' dans le bloc notes, 'copier' et 'coller' dans un fichier texte pour les avoir à votre disposition.

Réception optique d'IDEFIX

La réception des signaux optiques d'IDEFIX sera possible compte tenu de sa taille (après tout, c'est le plus gros satellite radioamateur jamais lancé : 11 mètres de haut, 2.6 mètres de diamètre).

Les passages qui suivront la tombée de la nuit seront les plus favorables et si de plus vous arrivez à réaliser un enregistrement chimique sur papier, celui-ci sera publiée sur le site.

Les conditions nécessaires à la réception sont les suivantes :

Satellite illuminé et en visibilité, observateur dans la nuit, élévation à partir de 45°.

Si la durée de vie des charges utiles radio est brève, celle de la charge utile optique est estimée à quelques siècles, vous avez donc le temps de vous entraîner.

Une des expériences les plus intéressantes à tenter est d'opérer à une observation simultanée des signaux radio et optiques. Avec un appareil photographique muni d'un objectif de 50mm (en 24x36, celà fera environ 90° d'ouverture) pointé dans la direction du passage à la culmination et mis en pause environ 5 minutes (2.5 min avant et après la culmination), il sera possible d'obtenir une photographie montrant la variation de luminosité en fonction de la rotation du 3ème étage. Couplée à l'enregistrement daté des signaux radio, cette photographie devrait permettre de déterminer le comportement du troisième étage.

Le plateau ASAP, la rehausse de SPOT et les charges IDEFIX sont optiquement très réfléchissants et devraient donner des éclats de bonne magnitude. Si vous en observez un, notez votre position et l'instant (à la seconde) de l'éclat puis transmettez nous ces informations.

La prise de la photo requiert de se placer dans une zone exempte de lumières parasites.

Une webcam utilisée avec un logiciel permettant de enregistrements à intervalles réguliers peut sans doute donner le même résultat.

Si le temps disponible le permet, un article décrivant le mode opératoire sera écrit et mis en ligne sur le site.

Sans eux, IDEFIX n'existerait pas ...

Le noyau dur:

- Ghislain Ruy F1HDD (chef de projet)
- Christophe Mercier (software)
- Jeff Boivin F6CWN (hardware)
- Norbert Sayou FY1DW (Centre Spatial Guyannais de Kourou)
- Jean-Louis Rault F6AGR (homme-à-tout-faire)

Les coopérants:

- Yves. Nadot, ENSMA de Poitiers (mécanique)
- Jean-Claude Raynaud F5DKJ + ADREF 13 (alimentation)
- Louis Noblet F6CGJ (senseurs optiques)
- Jean-Pierre F5MI (C.I.)
- Matthieu Cabellic F4BUC (coupleurs Wilkinson)
- L 'équipe ASTRIUM à Kourou

Les entreprises:

- ARIANESPACE (lancement)
- VIBRACHOC (amortisseurs, essais de qualification)
- EGC Espace (Antennes VHF / UHF)
- SAFT (Piles spatialisées)

Les soldats de l 'ombre, discrets mais in-dis-pen-sables:

- Eric Heidrich F5TKA (essais de qualification)
- Fabrice F4RTP (sites WEB)
- Loïc Dauguet (photos)
- nos épouses, compagnes et copines ...

Financement:

- Les six cent membres de l'AMSAT-France, grâce à leurs cotisations, leurs dons et leurs achats d'ouvrages et de logiciels de notre Boutique
- REF-Union, pour les essais de qualification

Soyez tous remerciés, vous les bénévoles et les industriels qui nous avez aidés à concrétiser le projet IDEFIX !

Amsat-France
14 bis rue des Gourlis
92500 Rueil Malmaison

WEB : *http://www.amsat-france.org*
e-mail : *amsat-france@amsat.org*

Association Loi 1901
Cotisation annuelle: 10 €